ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME XII Juillet 1953 NUMÉRO 47

SOMMAIRE

Article de Tête: Mécènes princiers de la science 115

Une lettre d'encouragement de S.A.R. le duc d'Edimbourg 116

591.181
Une phase chimique de la transmission nerveuse — SIR HENRY DALE — 117

541.63
La stéréochimie, ses bases et son application aux composés inorganiques — W. G. PALMER — 124

54:92
Guillaume-François Rouelle (1703–70) — D. McKIE — 130

575.3
Evolution des adaptations — C. H. WADDINGTON — 134

578.087.1
La biométrie et la méthode inductive — K. MATHER — 140

758.3
Illustration ornithologique — W. B. ALEXANDER — 144

620.18:535.822
Progrès en microscopie métallographique — B. W. MOTT — 154

049.3
Revue des livres 161

Livres reçus 167

Notes biographiques sur les collaborateurs 168

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Mécènes princiers de la science

Son Altesse Royale le duc d'Edimbourg a bienveillamment adressé à *Endeavour* une lettre d'encouragement que nous sommes heureux et fiers de publier ci-après. C'est là un nouveau témoignage de l'intérêt que porte Son Altesse à notre revue: à deux reprises déjà le Prince a accepté de remettre leurs prix aux lauréats du concours d'*Endeavour*. Nous lui en sommes profondément reconnaissants, et en ce moment, où la monarchie britannique entre dans une phase nouvelle, il convient que nous affirmions nos sentiments de fidélité et de dévouement à Sa Majesté la Reine Elisabeth II et à son royal époux.

C'est une caractéristique des pays civilisés que les sciences y trouvent toujours des protecteurs princiers. Au début, cette protection était parfois assez précaire, s'inspirant d'habitude du motif — louable, somme toute — d'augmenter les revenus du roi ou de la nation. Ainsi, le roi Henri II, premier des Plantagenets, à qui les garanceries rapportaient gros, encouragea les planteurs de garance en décrétant le port obligatoire de vestes rouges pour les chasseurs. Rappelons à ce propos que beaucoup plus tard un monarque français revêtit ses soldats de pantalons garance. On aurait bien tort de qualifier de tels actes de mercenaires, étant donné que le principal objet de la science est d'améliorer le côté matériel de l'existence. Cependant, nous avons hérité des Grecs le sentiment qu'il est plus noble d'encourager les sciences dans l'unique but d'étendre les connaissances humaines. En fait, c'est le motif qui prévaut chez certains personnages historiques: le grand calife abbasside Al-Mamoun, par exemple, qui régna de 813 à 833, protégea les savants de toutes disciplines, y-compris les scientifiques, et fonda à Bagdad une académie des sciences pourvue d'une bibliothèque et d'un observatoire.

Alphonse X de Castille (1252–84), poète de talent lui-même, fut également un protecteur éclairé des savants et des érudits. A Tolède, Séville et Murcie, villes qui venaient d'être libérées du joug des conquérants maures et encore empreintes de la culture islamique, Alphonse établit des centres d'études, où Chrétiens, Arabes et Juifs travaillaient côte à côte et offraient un exemple, rare et admirable pour l'époque, d'entente et de tolérance entre gens de religions et de nationalités différentes. Ces centres servaient de points de contact et d'échanges culturels féconds entre l'Europe chrétienne, l'Islam et le monde israélite. Là, sous les auspices du souverain, les savants réunis exécutèrent d'importants travaux historiques et juridiques, et tentèrent de dresser, dans de nombreux traités scientifiques, un inventaire des connaissances humaines en Astronomie, Zoologie, Géologie et Médecine, accumulées depuis le temps des Grecs et enrichies des apports islamiques et juifs.

En Grande-Bretagne Jacques IV d'Ecosse (1473–1513) est le premier monarque à montrer une prédilection réelle pour les sciences. Il ne se contente pas d'hypothèses et de théories; il fait des expériences en Chimie, en Physiologie, en Médecine. Elisabeth I d'Angleterre (1558–1603) ne s'adonne pas activement aux sciences, mais celles-ci l'intéressent. Elle prie souvent son médecin, William Gilbert, auteur d'un ouvrage bien connu sur l'aimant, de faire des expériences en sa présence. Elisabeth encourage également les voyages d'exploration.

Sous le règne de Charles I (1625–49) Harvey publie sa découverte de la circulation du sang. Le roi s'intéresse intelligemment à l'ouvrage de Harvey ainsi qu'à ses recherches ultérieures sur l'embryologie, invitant souvent le savant à faire des démonstrations en présence de la cour. Charles II (1660–85) accorda à la *Royal Society* sa première charte et fonda l'observatoire de Greenwich.

En un temps moins reculé, George III (1760–1820) rend de signalés services à la science: c'est lui qui fait les frais de l'expédition du Capitaine Cook (1768) que rappelle chaque numéro d'*Endeavour*. Il intervient pour procurer au célèbre Sir Joseph Banks la direction du Jardin botanique de Kew. Il réunit une collection fort complète d'appareils scientifiques, principalement destinés à l'instruction de ses enfants, et s'intéresse personnellement à son observatoire privé de Kew. Plus près de nous les encouragements que le Prince Albert prodigue aux sciences et à la technologie contribuent de façon prépondérante à la révolution scientifique qui marque le XIXe siècle.

Il est donc devenu traditionnel en Grande-Bretagne que les sciences trouvent des protecteurs sur le trône et autour du trône, de sorte que non seulement les savants britanniques, mais ceux du monde entier ont lieu de se réjouir de ce que sa Majesté la Reine et Son Altesse Royale le duc d'Edimbourg continuent la tradition de manière si éclatante.

BUCKINGHAM PALACE.

"Endeavour" is doing a wonderful job keeping general readers, as opposed to specialists, informed of the progress of scientific research and technology in this country.

I hope that the journal will never be short of readers; I am sure it will never be short of material.

Philip

Une phase chimique de la transmission nerveuse

SIR HENRY DALE

L'auteur rappelle les constatations faites antérieurement, tendant à démontrer l'existence, aux jonctions nerfs/muscles, d'une action chimique qui se substitue momentanément au mécanisme électrique, dans la transmission de l'influx nerveux. Etude de l'action sur le système nerveux de diverses substances, notamment l'adrénaline et l'acétylcholine. L'auteur conclut que c'est probablement cette dernière substance qui joue le principal rôle dans la phase chimique de la transmission nerveuse. Utilisation de ces découvertes en chirurgie.

On admet en général aujourd'hui qu'une onde d'excitation ou influx nerveux se propage dans les limites d'une cellule vivante, excitable, telle qu'une fibre nerveuse ou musculaire, par production d'une excitation électrique en des points successifs de la surface. Ces dernières années, la question a évolué rapidement, grâce aux méthodes électroniques d'amplification et d'enregistrement, appliquées à certaines grandes fibres nerveuses des céphalopodes, où l'on insère des électrodes capillaires microscopiques. On sait depuis longtemps qu'il y a un potentiel de surface d'environ 100 millivolts sur une telle fibre vivante, avec l'extérieur fermement électropositif par rapport à l'intérieur, au repos. On sait maintenant que lors du passage d'une onde d'excitation en un point de la fibre, cette différence de potentiel n'est pas seulement diminuée au passage, comme on l'a cru longtemps, mais effectivement inversée. Au passage du maximum de l'onde, la surface devient momentanément négative par rapport à l'intérieur, comme d'ailleurs, par rapport à la surface, non excitée, du reste de la fibre. Cette inversion de polarité est due à des changements spécifiques de la membrane superficielle: les ions sodium diffusent du milieu extérieur à l'intérieur de la fibre, et les ions potassium de l'intérieur vers l'extérieur. Lorsque l'excitation se calme, ces processus sont inversés, et le potentiel positif de surface se rétablit. Entre temps, néanmoins, le potentiel négatif au point excité a provoqué la convergence sur lui de courants électriques locaux, à partir des points au repos du voisinage. Il y a ainsi formation de cathodes locales, causes de nouveaux points d'excitation. Ainsi, de proche en proche, l'influx nerveux se propage rapidement, dans les deux sens, par un mécanisme essentiellement électrique, bien qu'il doive y avoir une cause biochimique, encore inconnue, au changement de la membrane sous excitation. La même chose se passe dans une fibre musculaire, et, apparemment, dans toute cellule excitable, pourvu qu'on se borne à considérer la transmission dans les limites d'une cellule unique.

Cependant, ce n'est pas là notre problème: nous désirons étudier dans cet article par quel mécanisme l'influx nerveux, atteignant l'extrémité d'une fibre nerveuse, elle-même en contact étroit, mais sans continuité protoplasmique avec une portion de la surface d'une autre cellule excitable, se transmet à travers la jonction. On voit sur la figure 1 des terminaisons nerveuses de ce type: *t.n.syn.*, *t.n.m.*, *e.n.postg.* La cellule réceptive peut être une fibre musculaire, soit une fibre striée à contraction rapide (*f.m.v.*) d'un muscle volontaire, mettant en mouvement le tronc ou les membres, ou la fibre d'un muscle involontaire (*f.m.i.*) d'un viscère, tel que le cœur ou le tube digestif, ou la cellule à sécrétion (*c.gl.*) d'une glande; ce peut être une cellule nerveuse secondaire (*c.n.g.*) d'un ganglion du système nerveux autonome, ou involontaire, elle-même point de départ d'une fibre postganglionnaire (*f.n.postg.*), qui se termine à son tour au contact d'un muscle involontaire ou d'une cellule de glande. Dans tous ces cas, il nous faut chercher comment l'influx nerveux, à la terminaison d'une fibre, se transmet à travers la petite discontinuité pour agir sur une cellule réceptive.

Une onde d'excitation dans une fibre nerveuse motrice (*f.n.m.*) ou préganglionnaire (*f.n.prég.*) qui atteint la terminaison synaptique de cette fibre, où elle se trouve au contact avec la plaque motrice (*p.m.*) d'une fibre de muscle volontaire ou avec une cellule nerveuse (*c.n.g.*) dans un ganglion, semble réapparaître, avec un retard très court à la jonction, de l'autre côté de la synapse, comme une onde similaire le long de la fibre musculaire, ou

une excitation le long de la fibre nerveuse post-ganglionnaire. La transmission est donc unitaire, excitation par excitation; si on se bornait à l'examen de ces cas, il semblerait naturel de décrire le processus d'excitation comme transmis à travers la jonction par un mécanisme électrique, du même type que celui qui propage l'influx nerveux de chaque côté de la jonction. Bien des neurophysiologistes distingués trouvent encore acceptable cette conception électrique, au moins comme hypothèse de travail, et la considèrent comme applicable, non seulement à la transmission aux synapses périphériques, mais encore à toutes celles qui se trouvent et fonctionnent dans la matière grise. Il n'est que trop naturel qu'on hésite à abandonner une interprétation qui a paru évidente, mais il y a pourtant certaines caractéristiques dans la transmission de l'excitation, même à travers ces synapses, qui suggèrent qu'il se passe là quelque chose de différent de la propagation dans les limites des fibres.

Nous verrons plus loin que cette différence devient très manifeste lors de la transmission des effets d'excitations nerveuses autonomes à des muscles involontaires et des cellules de glandes. Mais il nous faut d'abord examiner certains caractères plus généraux, même des transmissions unitaires rapides au niveau des synapses neuro-musculaires et ganglionnaires, qui ne peuvent se réconcilier avec la théorie du mécanisme électrique continu que par des hypothèses subsidiaires compliquées.

(1) Pour minime que soit le retard à la transmission — environ 2 millisecondes à une synapse dans un ganglion — il est encore trop grand pour s'expliquer par un simple schéma électrique.

(2) L'excitation se propage également dans le nerf d'une fibre musculaire dans toutes les directions à partir d'un point excité. Par contre, la transmission à travers une jonction de contact synaptique se fait strictement dans une seule direction; l'excitation ne passe que de la terminaison nerveuse à la cellule réactive; jamais en sens inverse. On a échafaudé des hypothèses subsidiaires, fort ingénieuses pour réconcilier ce «sens unique» à travers une synapse avec un mécanisme électrique, analogue à celui qui permet aux excitations de se propager également dans les deux sens, mais aucune n'a semblé convaincante. Il doit manifestement y avoir un mécanisme additionnel ou différent aux synapses, car cette direction unique de transmission joue un rôle fondamental dans l'activité coordonnée du corps dans son ensemble. En son absence, toute fonction corporelle sombrerait dans le chaos.

Notons que, déjà en 1925, feu Sir Charles Sherrington avait insisté sur la nature unidirectionnelle de la transmission de l'excitation aux synapses du système nerveux central. Il avait aussi indiqué que l'effet cumulatif d'excitations successives, arrivant à une synapse de ce type à des intervalles suffisamment rapprochés nécessitait l'intervention d'un «état ou agent» persistant, en ce point. Il prévoyait ainsi clairement la possibilité d'une phase chimique dans la transmission à ces jonctions.

(3) Il y a plus d'un siècle, Claude Bernard mettait en évidence une sensibilité chimique particulière aux jonctions entre muscle et nerfs volontaires. Il montre que lorsque la fatigue, ou l'empoisonnement au curare empêchent un muscle de répondre à une stimulation de son nerf, ce sont ces jonctions qui ne jouent plus leur rôle; nerf et muscle, de chaque côté, réagissent et propagent normalement. Des travaux ultérieurs de Langley et d'autres ont montré que le curare (ou l'alcaloïde

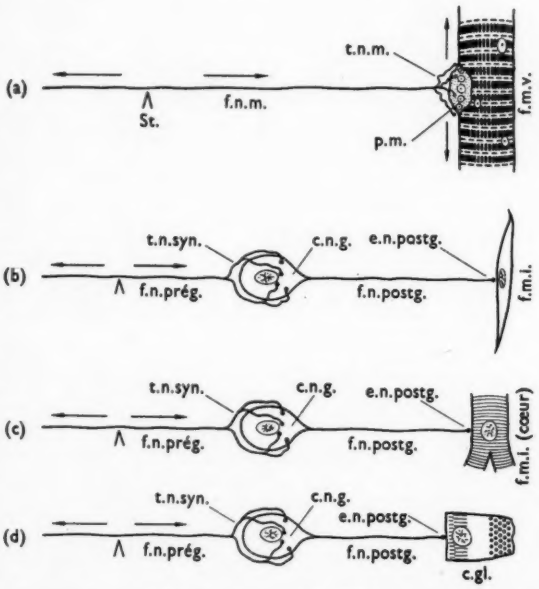


FIGURE 1 – *Schémas divers;* (a) *Fibre nerveuse motrice (f.n.m.) avec propagation de l'influx nerveux dans les deux directions à partir d'un point stimulé artificiellement (St.). Sa terminaison nerveuse motrice (t.n.m.) est au contact (synapse) avec la plaque motrice (p.m.) d'une fibre musculaire volontaire (f.m.v.).* (b), (c), (d) *Fibres nerveuses préganglionnaires (f.n.prég.) du système autonome, en contact synaptique avec les cellules nerveuses ganglionnaires (c.n.g.), point de départ des fibres nerveuses post-ganglionnaires (f.n.postg.) dont les extrémités (e.n.postg.) sont au contact avec une fibre musculaire involontaire (f.m.i.) ou une cellule glandulaire (c.gl.).*

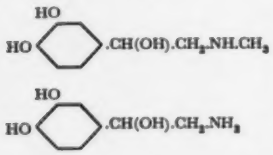
curarine) rendaient aussi bien les cellules des ganglions que les plaques motrices insensibles, non seulement aux excitations préganglionnaires et des nerfs moteurs, mais aussi à l'action stimulante spécifique de la nicotine. Remarquons une chose importante pour nous: la curarine annule également la réponse spécifique de ces structures à l'acétylcholine, qui ressemble en ceci à la nicotine. Voilà déjà pour nous une raison de soupçonner une étape chimique dans la transmission de l'excitation à ces synapses périphériques.

(4) L'étude plus poussée de l'effet des excitations dans les nerfs autonomes sur les couches de fibres musculaires involontaires où elles se terminent, a rendu encore plus évidente l'insuffisance de la conception simplifiée de transmission électrique. Ces excitations, à la différence de ce qui se passe dans les nerfs moteurs volontaires, ne provoquent pas d'activité dans des fibres normalement au repos; elles modifient, dans un sens ou dans l'autre, — elles augmentent ou diminuent — l'activité continue, automatique en tonus et en rythme, caractéristique des enveloppes de muscles involontaires d'organes viscéraux, tel que le cœur, les artères ou le tube digestif. Beaucoup de ces organes possèdent une double innervation, provenant des deux groupes anatomiquement distincts du système nerveux autonome appelés sympathique et parasympathique; leurs effets s'opposent en général. Les excitations qui atteignent le cœur par l'intermédiaire du nerf vague (parasympathique) inhibent son rythme normal, ou même l'arrêtent; tandis que celles qui viennent du système sympathique augmentent la force et accélèrent le rythme des battements. Les excitations du nerf vague, au contraire, augmentent l'activité musculaire de l'estomac et des intestins, tandis que les excitations du nerf sympathique la dépriment. Rien ne permet de suggérer que les influx nerveux, lorsqu'ils se propagent sur chacun des deux groupes du système nerveux autonome, diffèrent l'un de l'autre d'une façon quelconque, ni d'ailleurs qu'ils diffèrent de l'influx qui se propage dans les fibres nerveuses de toute autre partie du corps; cependant, ils provoquent des réactions opposées sur les enveloppes de muscles involontaires d'organes identiques, ou différents, quand ils arrivent aux extrémités des fibres nerveuses, en contact avec les fibres musculaires involontaires. Aucune théorie ne peut expliquer ces effets contradictoires par conduction électrique continue à travers les jonctions.

Par ailleurs, il y a plusieurs alcaloïdes, ou autres bases naturelles, dont les effets imitent de façon très suggestive ceux d'un groupe ou de l'autre des nerfs autonomes. Ainsi, la muscarine, alcaloïde des champignons, connu depuis 1869, a un effet très voisin de celui des nerfs parasympathiques: inhibition des battements du cœur, activité accrue de l'estomac et des intestins, sécrétion salivaire abondante, etc.; l'atropine, extraite de la belladone, supprime au contraire ces effets de la muscarine, et la plupart des effets correspondants dus aux nerfs. Par ailleurs, l'adrénaline, extraite de la médullaire des capsules surrénales, reproduit les effets des nerfs sympathiques avec une fidélité comparable. Et dans ce cas-là encore, on a pu trouver un alcaloïde (l'ergotoxine, de l'ergot) qui élimine ou diminue les activations dues à l'adrénaline, et les activations correspondantes dues aux excitations sympathiques, tout en ne changeant relativement pas grand'chose aux effets inhibiteurs. Même en l'absence de correspondances aussi directes, on en a révélé d'autres aussi suggestives. Par exemple, l'adrénaline ne peut, comme les nerfs sympathiques, provoquer la sécrétion des glandes sudoripares, mais la muscarine y arrive; et dans ce cas exceptionnel, l'atropine annule aussi l'effet des nerfs sympathiques, comme celui de la muscarine, tandis que l'ergotoxine n'a d'action ni sur l'une ni sur l'autre. Voilà des années qu'on a reconnu certaines de ces similitudes, sans imaginer toutefois leur signification réelle, en relation avec le mécanisme de transmission de l'influx nerveux d'une terminaison nerveuse à une cellule réceptive. On a pris l'habitude de les expliquer en admettant que l'adrénaline et la muscarine agissent en stimulant les terminaisons respectives des fibres nerveuses sympathiques et parasympathiques.

T. R. Elliott a, le premier, bien compris la signification réelle de ces similitudes. Il avance en 1904, une hypothèse révolutionnaire pour l'époque: les excitations sympathiques, en arrivant aux terminaisons nerveuses, libèrent de petites quantités d'adrénaline, qui produisent les effets correspondants, augmentation ou inhibition, sur l'activité du muscle involontaire et des cellules glandulaires contigus. Pendant longtemps, cette hypothèse n'a suscité qu'un intérêt médiocre et intermittent, peut-être parce que la correspondance entre les effets des nerfs sympathiques et de l'adrénaline, bien que frappante, n'était pas totale. Anticipons sur ce point pour mentionner des découvertes plus récentes qui expliquent les divergences. On sait, depuis 1910, que l'homologue inférieur de l'adrénaline, la *nor*-adrénaline, simule les effets des nerfs sympathiques avec plus de fidélité que l'adrénaline elle-même, mais c'est seulement 40

ans plus tard, c'est-à-dire tout récemment, qu'on a établi la présence, parfois prédominante, de la *nor*-adrénaline, dans les sécrétions de la médullaire



Adrénaline

nor-*Adrénaline*

surrénale, et surtout dans le médiateur chimique de l'excitation à partir des terminaisons nerveuses sympathiques, dont c'est souvent le constituant principal. D'autres exceptions plus frappantes à la règle générale s'expliquent aussi maintenant que l'on a vu que la nature du médiateur chimique ne correspond pas complètement aux divisions anatomiques des nerfs autonomes; pour certaines fibres, issues de ganglions du vrai système sympathique, telles que les nerfs sudoripares mentionnés ci-dessus, les excitations se transmettent par libération, non pas de l'une des adrénalines, mais d'un composé qui constitue en général le médiateur parasympathique: l'acétylcholine. C'est ainsi qu'il faut ranger dans cette catégorie la sensibilité anormale de la secrétion de la sueur à la paralysie par l'atropine.

Tout en admettant la validité de l'hypothèse d'Elliott, il fallait évidemment postuler l'existence d'un médiateur analogue de l'influx nerveux parasympathique. Effectivement, on essaya aussitôt d'attribuer ce rôle à la muscarine, mais ce n'était pas le moins du monde un constituant vraisemblable du corps animal, et sa stabilité en rendait l'action bien trop persistante. Un agent destiné à transmettre de cette façon une excitation nerveuse doit être instable dans le corps pour que son action soit à la fois intense et rapidement évanescente, comme celle de l'adrénaline, aisément oxydable. Près de dix ans passèrent sans qu'on trouvât un composé acceptable, qui pût jouer ce rôle vis-à-vis de l'influx nerveux parasympathique. Quelques années auparavant, Hunt et Taveau avaient observé que l'acétylation d'une base naturelle très commune, la choline, multipliait par dix mille son activité dépressive. Ayant rencontré de façon inattendue l'acétylcholine dans un produit naturel, j'eus la curiosité d'examiner plus en détail son activité; tout de suite, il fut évident qu'elle reproduisait les effets des nerfs parasympathiques avec une précision encore plus grande que celle avec laquelle l'adrénaline reproduit les effets des nerfs sympathiques, et que son action était encore plus intense et plus rapidement évanescente. Je devinais alors, ce qui fut démontré par la suite, qu'il devait y avoir dans le corps une estérase, et que cet ester de la choline devait être très sensible à son action hydrolytique. Survint alors une découverte plus surprenante, et même, à première vue un peu déconcertante: lorsqu'on annule ces effets périphériques de l'acétylcholine analogues à ceux de la muscarine, ce qu'on réalise aisément par une faible dose d'atropine, apparaît alors un autre aspect de son activité, la stimulation des ganglions nerveux et des fibres musculaires volontaires d'une façon qui rappelle la nicotine. Pour aller plus vite, il nous faut encore anticiper sur les développements consécutifs, dont certains furent postérieurs de 20 ans, et dire qu'on peut maintenant localiser plus exactement ces autres effets de l'acétylcholine: il s'agit d'une stimulation spécifique, dépolarisante sur les cellules nerveuses des ganglions autonomes et les plaques motrices des fibres musculaires volontaires.

Toutefois, en 1914, une médiation chimique, même des effets périphériques de l'influx nerveux autonome, par libération aux terminaisons nerveuses de substances de ce type, restait encore du domaine spéculatif. On ne la discutait même plus ouvertement comme spéculation, jusqu'au jour où les expériences de Otto Loewi, sur des cœurs de grenouille isolés, publiées à partir de 1921, ont fourni une preuve convaincante de son existence, et la firent passer du domaine de l'hypothèse à celui de la réalité. Les médiateurs, libérés dans le liquide physiologique, qui remplit ce cœur pendant l'excitation des nerfs vagues ou sympathiques, et transférables, au sein de ce fluide, pour produire leurs effets inhibiteurs ou accélérateurs sur un autre cœur, ont les caractères respectifs de l'acétylcholine dans un cas, et de l'adrénaline dans l'autre. L'atropine n'empêche pas la libération du médiateur du nerf vague, mais annule son effet inhibiteur sur le muscle cardiaque; de même, l'ergotoxine n'empêche pas la libération du médiateur sympathique, mais l'empêche d'accélérer le rythme cardiaque. Il n'y a plus aucune raison de douter que ces médiateurs ne soient, en fait, l'acétylcholine et l'adrénaline. Loewi et ses collaborateurs

$$(CH_3)_3\overset{Cl^-}{\overset{+}{N}}.CH_2.CH_2.O.OC.CH_3 \rightarrow (CH_3)_3\overset{Cl^-}{\overset{+}{N}}.CH_2.CH_2.OH + CH_3.COOH$$

Chlorure d'acétylcholine — *Chlorure de choline* — *Acide acétique*

ont également reconnu que le muscle cardiaque contient l'estérase attendue, qui amène une hydrolyse rapide de l'acétylcholine en choline, pratiquement inactive, et acide acétique, et permet ainsi d'expliquer la fugacité remarquable de son action.

Particulièrement intéressante et importante pour les développements ultérieurs fut la découverte suivante, également due à Loewi et à ses collaborateurs, du mode d'action de l'alcaloïde physostigmine (ésérine). Loewi et d'autres avaient montré quelques années auparavant que cette substance agit en intensifiant et en prolongeant les effets des excitations dans les nerfs parasympathiques; puis ils montrent que la physostigmine diminue, et même arrête l'action de la cholinestérase, et protège ainsi l'acétylcholine libérée, avec intensification et prolongation de ses effets. C'est là un résultat très important au point de vue expérimental. On peut désormais recueillir et identifier physiologiquement l'acétylcholine libérée aux terminaisons nerveuses, même à partir d'organes qu'on ne peut maintenir en activité que par perfusion chaude, ou circulation naturelle du sang. C'est en utilisant cette action protectrice de la physostigmine et de ses analogues, et d'autres méthodes délicates pour déceler et doser à la fois l'acétylcholine, et les adrénalines à des dilutions très élevées, que la découverte initiale de Loewi, sur le cœur de grenouille, a été progressivement étendue à toute la série des effets périphériques des nerfs autonomes des muscles involontaires, et des glandes à sécrétion, chez les mammifères comme chez les amphibies. On a fini par admettre d'une façon générale, que tous les effets des nerfs autonomes sont transmis par libération à leurs terminaisons de l'un de ces deux médiateurs chimiques — l'acétylcholine ou les adrénalines. Cette alternative ne correspond pas exactement à la division anatomique des nerfs en question. Il est commode alors d'utiliser une terminologie fonctionnelle que j'ai proposée en 1934, et de dire que les fibres post-ganglionnaires des nerfs parasympathiques sont principalement «cholinergiques», et celles des nerfs sympathiques principalement «adrénergiques» mais que dans un nombre restreint de cas, on trouve la relation inverse.

En ce qui concerne la transmission adrénergique, l'histoire ne va pas plus loin, car on n'a pas encore identifié avec certitude, où que ce soit dans tout le système nerveux, de fibres nerveuses adrénergiques autres que ces fibres post-ganglionnaires, autonomes, principalement sympathiques. L'effet des nerfs adrénergiques semble également remarquable pour une autre raison: la sécrétion fluctuante de leur médiateur, l'adrénaline, peut être renforcée par la sécrétion d'adrénaline dans la circulation générale à partir d'une glande endocrine, la médullaire surrénale. En cas de besoin, d'émotion vive, un flot soudain d'adrénaline venant de cet organe provoque généralement et simultanément dans tout le corps les réactions musculaires et sécrétoires que les adrénalines produisent en détail, sur des organes et des tissus individuels, quand elles sont libérées aux terminaisons nerveuses pour transmettre les effets localisés des excitations nerveuses adrénergiques. Il n'y a pas de sécrétion hormonale comparable d'acétylcholine. Sa destruction par la cholinestérase du sang est d'ailleurs si rapide que son action, par l'intermédiaire de la circulation générale, serait très inefficace. Faute d'avoir pu, pendant des années, identifier l'acétylcholine comme constituant naturel du corps, on ne pouvait encore décider définitivement de la nature exacte du médiateur cholinergique, si bien que beaucoup en parlaient comme d'une «substance analogue à la choline». Cependant, nous l'avons trouvé, avec H. W. Dudley, en 1929, en cherchant autre chose, dans la rate de certains animaux, en quantité suffisante pour nous en permettre l'isolement et l'identification.

Bientôt surgit un autre problème: quelle est la signification physiologique de l'autre aspect de l'action de l'acétylcholine, quand elle agit comme la nicotine, en stimulant de façon spécifique les cellules nerveuses des ganglions autonomes et les plaques motrices des fibres musculaires volontaires ? Est-il possible qu'elle soit libérée aux synapses, comme agent chimique de la transmission facile, unitaire, excitation par excitation, dans ces structures ? Dans ce cas, elle doit être libérée avec la rapidité de l'éclair, et disparaître presque aussi vite, après avoir lancé l'onde d'excitation secondaire — depuis la cellule ganglionnaire ou la plaque motrice — comme un événement séparé. Tout le poids de la tradition s'opposait à cette interruption, aux synapses, de la transmission électrique continue par interposition d'une phase chimique. Cependant, il y a près de 20 ans, un groupe dont je faisais partie a voulu soumettre cette hypothèse au contrôle expérimental, et bientôt les preuves en sa faveur s'accumulèrent. Si l'on perfuse un ganglion sympathique, ou un muscle volontaire, avec une solution saline convenablement chauffée, contenant une petite quantité protectrice de physostigmine, il y a apparition d'acétylcholine dans le liquide effluent, lorsqu'on stimule le nerf préganglionnaire ou moteur, de façon à

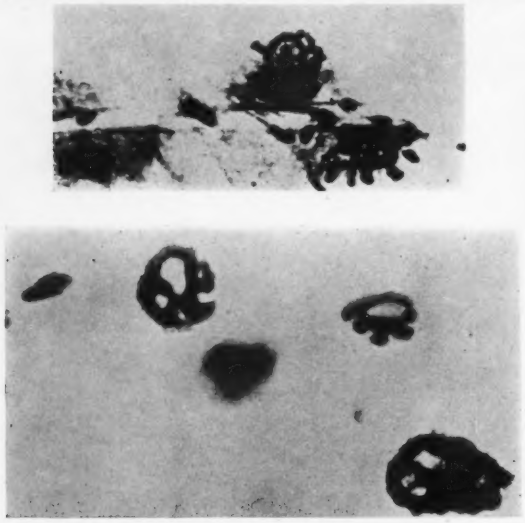


FIGURE 2 – *Photomicrographie des terminaisons nerveuses motrices, sur les plaques motrices des fibres musculaires intercostales du rat. (Au-dessus) Révélées par la méthode au vert Janus et molybdate d'ammonium de Couteaux: (au-dessous) définies par une réaction histochimique entraînant le depôt de sulfure de cuivre aux points où se concentre la cholinestérase* (KOELLE, G. B. et FRIEDENWALD, J. S., Proc. Soc. exp. Biol., N.Y., **70**, 617, 1949).

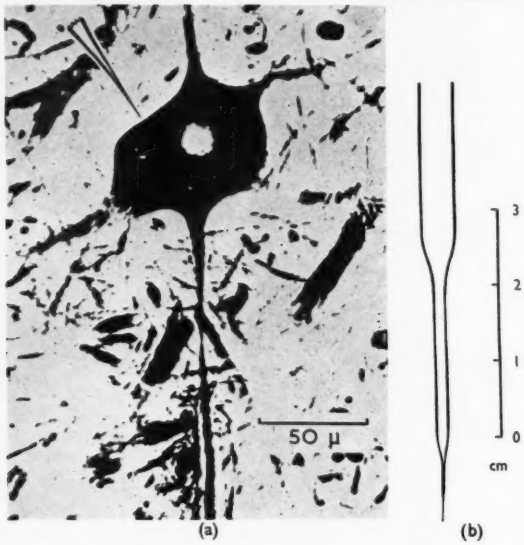


FIGURE 3 – (a) *Photomicrographie d'un neurone moteur médullaire du chat, avec l'axone (coloration argent pyridine), avec dessin superposé de l'extrémité de la microélectrode, à la même échelle, pour montrer la petite proportion de la cellule totale qui est endommagée par piqûre directe.* (b) *Schéma avec échelle pour montrer la forme des microélectrodes en Pyrex utilisées.* (BROCK, L. G., COOMBS, J. S. et ECCLES, J. C., J. Physiol., **117**, 434, 1952.)

amener des excitations aux terminaisons synaptiques, mais seulement dans ce cas. Il y a aussi libération d'acétylcholine aux synapses, si les cellules ganglionnaires ou les plaques motrices ont été insensibilisées à son action, comme par la curarine; mais alors, aucune excitation ne traverse les jonctions synaptiques. D'autre part, un muscle privé de ses terminaisons nerveuses par dégénérescence se contracte encore vigoureusement sous excitation directe, mais il n'y a pas alors libération de traces d'acétylcholine.

Un mécanisme chimique de ce type explique manifestement tous les caractères particuliers de la transmission à travers ces jonctions que nous avons déjà considérés; ceci a été confirmé récemment et élucidé avec les détails les plus convaincants par des expériences effectuées par certains des savants qui lui ont été le plus hostile au début. Des recherches, encore en plein développement, permettent déjà de décrire le mécanisme de la transmission de la terminaison du nerf moteur à la plaque motrice du muscle bien plus en détail. La plaque motrice réagit à l'arrivée de l'influx à la terminaison nerveuse par une onde de dépolarisation relativement lente, le potentiel de plaque motrice, qui ne peut être excitée effectivement que par la petite quantité d'acétylcholine libérée par l'excitation à la terminaison nerveuse. Celle-ci disparaît rapidement sous l'effet, au moins en partie, d'une certaine concentration locale en cholinestérase à la terminaison nerveuse, que l'on peut démontrer histochimiquement (figure 2). Quand le potentiel de plaque motrice a atteint une valeur suffisante, il met en branle un renversement soudain de polarité qui le masque, et alors s'étend à la manière d'une excitation électrique dans les deux directions, le long de la partie principale, contractile, de la fibre musculaire. La physostigmine et son analogue synthétique (néostigmine), en diminuant la concentration en cholinestérase à la terminaison nerveuse, prolongent l'existence de l'acétylcholine libérée lors d'une excitation, donc du potentiel de plaque motrice, si bien qu'une seule stimulation provoque une succession d'ondes transmises le long de la fibre musculaire, avec production d'un bref tétanos. La curarine, au contraire, réduit le potentiel de plaque motrice au-dessous de la limite où il est efficace pour faire démarrer la propagation de l'onde; la physostigmine l'accroît, de nouveau, en réduisant la vitesse de disparition de l'acétylcholine (figure 4), et peut même rétablir la transmission si la

curarisation est faible. Avec des différences de détails, on peut affirmer l'existence d'une suite analogue de phénomènes pour la transmission synaptique dans un ganglion. Là, l'acétylcholine libérée aux terminaisons nerveuses synaptiques entraîne une dépolarisation primaire, relativement lente de la surface de la cellule ganglionnaire qui, lorsqu'elle atteint le potentiel efficace, fait naître un renversement soudain de polarité, avec départ d'un influx, transmis par le processus électrique habituel le long de l'axone post-ganglionnaire.

Les premiers résultats en ce qui concerne l'action directe de l'acétylcholine sur un muscle volontaire n'étaient pas de nature à encourager la croyance à son rôle médiateur de l'action des nerfs moteurs sur les muscles, chaque excitation provoquant une contraction unique et rapide du muscle. L'acétylcholine en solution diluée ne provoque que de lentes contractures de faible tension, sur un muscle de grenouille normal qui en est imprégné. Toutefois, il devint clair qu'on ne pourrait imiter la réaction du muscle à une volée d'excitations nerveuses par application artificielle du transmetteur que si ce dernier était amené subitement et simultanément en contact avec toutes les plaques motrices des fibres. On réalise une bien meilleure approximation de cette situation par une injection soudaine et vigoureuse d'acétylcholine, en doses suffisamment faibles directement dans les artères momentanément vidées du muscle; on provoque ainsi des contractions — des accès de tétanos, courts, irréguliers — tout à fait ce que l'on attendrait de la part de l'acétylcholine, si c'était effectivement le médiateur de l'influx des nerfs moteurs.

Faute de place, nous nous bornerons à mentionner les applications pratiques déjà réalisées de ces découvertes. L'emploi contrôlé de la curarine, et d'un nombre croissant de produits de remplacement synthétiques, permet maintenant au chirurgien d'obtenir un relâchement réversible, présentant toute sécurité, du tonus des muscles volontaires. On utilise des agents d'un type voisin pour bloquer la transmission par l'acétylcholine aux synapses ganglionnaires, d'où une baisse de pression artérielle, et un champ opératoire exsangue. L'action de la physostigmine, et particulièrement d'analogues artificiels comme la néostigmine sert à améliorer une transmission nerf-muscle déficiente, comme dans *myasthenia gravis*.

Pour tous les chercheurs de ce domaine, il y a une analogie évidente, longtemps reconnue, entre les synapses périphériques dans les ganglions et les muscles, et ceux qui forment un caractère si essentiel de l'immense complexité de la substance grise

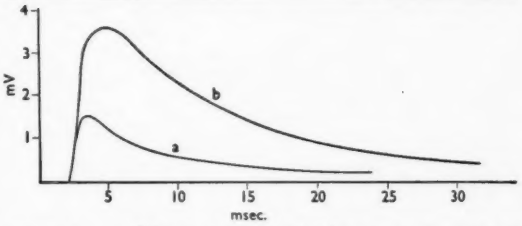


FIGURE 4 – *Effet de la physostigmine sur le potentiel de plaque motrice, sur le sartorius de grenouille complètement curarisé, à 22° C* (a) *après* 6 μ *mole de curarine,* (b) *après* 6 μ *mole de curarine* + 10^5 *de physostigmine.* (ECCLES, J. C., KATZ, B. et KUFFLER, S. W. Biol. Symp., 3, 364, 1941.)

du système nerveux central. On a obtenu bien des indications suggestives d'une médiation chimique, dans une partie ou une autre du cerveau ou de la moelle épinière, mais les chercheurs en cause voulaient surtout mettre en évidence, par différentes méthodes, une transmission cholinergique aux synapses de certains noyaux centraux. Des preuves plus générales à l'appui d'un mécanisme chimique sont pourtant arrivées récemment d'une source inattendue. Le Professeur Eccles, de Canberra, avec ses collègues, à récemment réussi à insérer des microélectrodes dans des cellules nerveuses uniques des cornes ventrales de la moelle épinière, grandes cellules motrices (figure 3) dont les axones sont les fibres nerveuses motrices de muscles volontaires. D'après les changements de potentiel électrique entre la surface et l'intérieur d'une telle cellule, qu'ils ont pu ainsi enregistrer, et en particulier, d'après l'accroissement de potentiel au repos qui accompagne la transmission synaptique d'un effet inhibiteur, ils ont conclu à l'intervention de médiateurs chimiques, excitateurs et inhibiteurs pour cette cellule particulière. On doit ajouter à ceci qu'aucun des médiateurs identifiés à la périphérie ne peut intervenir ici, car il résulte d'indications indépendantes, que les fibres qui conduisent l'influx nerveux à ces synapses particulières ne sont ni cholinergiques ni adrénergiques.

Les travaux de Feldberg et Vogt qui ont recherché dans divers noyaux et trajets de fibres du système nerveux central le système enzymatique capable de produire l'acétylcholine, les amènent à suggérer qu'on peut rencontrer fréquemment dans le système nerveux central, cette alternance de neurones cholinergiques et non-cholinergiques, en une chaîne liée par des synapses. Toutefois, cette disposition n'est pas invariable, puisque le système nerveux périphérique fournit des exemples indubitables de connexion synaptique de deux neurones cholinergiques en succession directe.

La stéréochimie, ses bases et son application aux composés inorganiques

W. G. PALMER

La stéréochimie de la molécule repose, selon l'auteur, sur la configuration spatiale des liaisons atomiques, laquelle dépend des angles entre ces liaisons. Aperçu des progrès accomplis récemment dans la mesure de ces angles grâce à l'emploi de certaines méthodes pratiques basées notamment sur la diffraction et la spectroscopie. L'auteur signale également les services rendus à la stéréochimie par la théorie de la mécanique ondulatoire et les fonctions d'onde dites «orbitales».

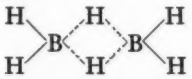
La stéréochimie n'a jamais eu pour objet l'étude des formes réelles des molécules, et même si on voulait la poursuivre avec toutes les données dont on dispose aujourd'hui, cette étude ne manquerait pas d'être infiniment diffuse. Certes, il suffit de connaître les angles entre les liaisons pour déterminer la forme d'une molécule qui ne se compose que de deux sortes d'atomes; ainsi SF_6 doit être un octaèdre parce que ses angles ont tous 90°, SiF_4 un tétraèdre parce qu'ils ont 109°, et BF_3 un triangle parce qu'ils ont 120°. Mais en général la forme moléculaire dépend en outre des distances atomiques: CCl_4 est bien un tétraèdre, mais la forme moléculaire de CH_3Cl et de CH_2Cl_2 dont les angles sont tétraédriques est déterminée par les distances C—H et C—Cl. Tout comme chaque molécule composée de plus de deux sortes d'atomes a ses constantes cristallographiques bien particulières, ainsi sa forme aussi doit être différente, en certains points, de celle de toutes les autres. Les angles qui séparent les liaisons A—X d'une entité chimique AX_n (où X est monovalent) sont déterminés dans une forte mesure par les propriétés de l'atome central A et ils subsistent souvent sans changement quand on modifie complètement la nature chimique de X. Aujourd'hui encore, comme au temps de Le Bel et van't Hoff, la stéréochimie s'occupe de définir ces angles et en particulier d'établir les rapports qui les unissent à la nature et à l'état chimique de l'atome polyvalent en question. Nous avons donc logiquement le droit de parler de la stéréochimie de l'atome, et de dire qu'elle s'impose aux molécules auxquelles il appartient.

Pour donner corps aux progrès récents il fallait deux innovations distinctes: d'une part, des méthodes pratiques pouvant donner la métrique de la géométrie solide des molécules, de l'autre, une théorie permettant d'expliquer pourquoi les liaisons des éléments polyvalents conservent généralement une configuration spatiale rigide qui n'est pas nécessairement la plus symétrique. Ces méthodes et cette théorie ont à tel point modifié la situation qu'on est embarrassé plutôt qu'autre chose par l'abondance des données qui affluent journellement. Nous nous bornerons donc à énumérer les méthodes pratiques nouvelles.

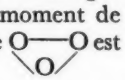
Méthodes	*Etat physique de la substance examinée*
A. Diffraction:	
par les rayons X ..	Solides cristallins
par les électrons ..	Gaz et vapeurs sous pression réduite
par les neutrons ..	?
B. Spectres infra-rouge et Raman	Vapeurs, solutions et solides
C. Dipôles	Solutions et vapeurs

C'est sûrement par les méthodes de diffraction qu'on a le plus développé la stéréochimie. D'après l'état physique de la substance examinée on voit que les rayons X et la diffraction par les électrons se complètent; elles diffèrent du point de vue physique puisque les rayons X sont diffractés par les électrons atomiques, tandis que le faisceau électronique réagit avec les noyaux, mais elles présentent le même défaut: il est généralement impossible de localiser des atomes ayant un petit nombre atomique (atomes légers) en présence d'atomes lourds, et la position de l'hydrogène échappe toujours à l'observation directe. C'est là une sérieuse lacune pour le chimiste organicien, mais on s'attend

à ce que la diffraction par les neutrons vienne la combler lorsque cette méthode sera sortie de l'enfance. Les spectres infra-rouge (absorption) et Raman (émission) occupent le deuxième rang dans les méthodes. Le nombre, la distribution et le caractère des bandes spectrales résultent principalement de la symétrie de la molécule vibrante. L'examen spectroscopique permet donc de statuer sans détours sur cette propriété de la molécule. Les angles et les distances atomiques (résultats métriques) de molécules relativement simples se déterminent avec une grande précision. A titre d'exemple, nous citerons deux cas où les méthodes de diffraction échouèrent lamentablement (pour les raisons citées) mais où l'infra-rouge remporta des succès éclatants. Dans le premier, le pentafluorure d'iode, IF_5, le spectre exige une pyramide à base carrée (figure 11); le second, le diborane, avait une structure problématique



mais le spectre a nettement révélé les ponts hydrogène.

La mesure des dipôles est accessoire aux méthodes A et B, car ses résultats stéréochimiques sont presque toujours qualitatifs. L'existence de dipôles définis dans les molécules H_2O, SO_2, et NH_3 prouve que les deux premières sont triangulaires et la dernière pyramidale; le moment de l'ozone prouve que la formule classique  est inacceptable, mais la méthode ne nous donne pas la vraie mesure des angles.

La nouvelle explication des valences orientées découle de la théorie de la mécanique ondulatoire des atomes et des molécules et ne peut s'interpréter qu'à la lumière de cette conception; toutefois, afin d'éviter ici une longue digression sur cette théorie, nous en avons relégué une esquisse dans l'appendice. Puisque la théorie moderne remplace les orbites de la théorie classique par des fonctions d'onde Ψ, on les appelle communément fonctions orbitales. Elles s'expriment généralement par le produit $[\varphi(x, \ldots)] \cdot [f(r)]$, où r est un point situé n'importe où sur une sphère de rayon r entourant le centre de l'atome, et x, y et z sont des axes rectangulaires émanant du centre. Des fonctions orbitales sont équivalentes lorsqu'elles ont la même forme algébrique mais sont associées à des axes différents. A titre d'illustration, pour l'interprétation d'une fonction Ψ, considérons un type de fonction orbitale p, soit p_x, de la forme $x \cdot f(r)$ représentée graphiquement par la figure 1 (*a*). Elle a un plan de symétrie yz et elle est symétrique par rapport à l'axe x: la figure est donc nettement une section plane. Nous sommes en droit d'attendre que Ψ nous renseigne sur la position de l'électron dans le système atomique; or nous connaissons a priori deux faits qui s'accordent avec p_x: l'électron ne tombe pas dans le noyau et il ne peut pas non plus s'en éloigner indéfiniment. En considérant Ψ^2 au lieu de Ψ on tourne la difficulté soulevée par le changement de signe de p_x au centre atomique (on devait s'y attendre puisque cette quantité est réellement une amplitude). Et voici maintenant le sens qu'on attache à la phrase «un électron est situé dans la fonction orbitale p_x»:

1. La position de l'électron dans l'atome ne peut s'exprimer que par une probabilité qui se mesure par Ψ^2. C'est une propriété fondamentale de toutes les fonctions d'onde.
2. La position la plus probable de l'électron est le long de l'axe x, avec deux maxima aux points e (figure 1 (*a*)).
3. Il n'y a absolument aucune chance pour que l'électron se situe le long des axes y ou z.

On interprétera de façon similaire les fonctions $p_y = y \cdot f(r)$ et $p_z = z \cdot f(r)$ en remplaçant x par y ou z selon le cas. Il s'ensuit que si les fonctions p_x, p_y et p_z contiennent chacune un électron, on doit considérer que chacun d'entre eux est confiné essentiellement autour d'un des axes perpendiculaires x, y ou z.

Malgré la forme encourageante des fonctions orientées du type p et d nous n'en sommes pas encore tout-à-fait au stade où la théorie nous aide à expliquer les faits stéréochimiques. Les électrons de valence du béryllium bivalent se trouvent respectivement dans une fonction s et une fonction p (configuration sp); le bore trivalent a la configuration sp_2, soit s, p_x et p_y. Dans les deux atomes,

Fonctions orbitales atomiques

Nomenclature spectroscopique	*Fonction radiale*	*Fonction axiale*	*Nombre de fonctions orbitales équivalentes*
s	$f_s(r)$	$x^0 = y^0 = z^0 = 1$	1
p	$f_p(r)$	x, y, z	3
d	$f_d(r)$	$\left\{\begin{matrix} x^2, y^2, z^2 \\ xy, yz \end{matrix}\right.$	$\left.\begin{matrix} 3 \\ 2 \end{matrix}\right\}$

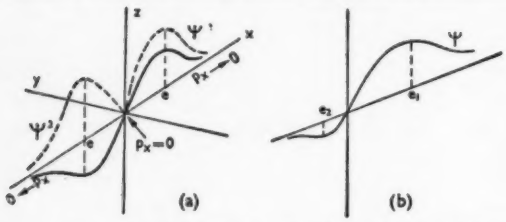


FIGURE 1 – *Représentation de fonctions d'onde atomiques («orbitales»): (a) du type* p, (b) *mixtes ou de liaison.*

chaque électron de valence a environ la même énergie totale puisque les fonctions *s* et *p* appartiennent à la même couche (*L*). Par suite, les fonctions *s* et *p* pour Be et *s* avec p_x et p_y pour B sont des solutions d'équations d'onde ayant une forme presque identique. Un bref examen de l'équation d'onde générale montrera que pour le béryllium des fonctions telles que $\Psi_1 = s + p$, ou $\Psi_2 = s - p$ satisfont l'équation aussi bien que les fonctions simples. Quand on résout les propriétés spatiales de Ψ_1 et Ψ_2 on trouve, à l'instar des fonctions *p*, qu'elles sont équivalentes, présentent la symétrie axiale, ont un nœud près du centre atomique et décroissent rapidement vers zéro quand on s'écarte du centre, comme toutes les vraies fonctions d'onde. Toutefois, les axes de Ψ_1 et Ψ_2 sont séparés de 180°, ils sont donc sur la même droite, mais les fonctions se distinguent de *p* et d'autres fonctions atomiques simples principalement par la position des points maxima *e* et par la différence considérable dans les valeurs Ψ^2 à ces points (figure 1 (*b*)). Alors que les fonctions orbitales simples sont toujours symétriques par rapport à un ou plusieurs plans passant par le centre atomique, Ψ_1 et Ψ_2 sont très dissymétriques par rapport au point nodal, et il y a une chance maximum beaucoup plus grande que pour les fonctions *p* aux points *e* (figure 1 (*a*)) de trouver l'électron plus loin du noyau et rien que d'un côté de l'axe de symétrie (e_1, figure 1 (*b*)). En langage ordinaire nous dirons que l'électron déborde de l'atome le long de l'axe, or c'est là précisément la condition requise pour que l'atome forme des liaisons chimiques tenaces avec d'autres atomes, puisque la combinaison chimique de deux atomes a lieu lorsque leurs fonctions orbitales, munies de leur électron respectif, se recouvrent dans l'espace. D'autre part, tandis que les atomes se rapprochent pour parfaire ce recouvrement la forte répulsion de leurs noyaux chargés augmente aussi et impose finalement une limite au rapprochement. On voit que des liaisons solides ne pourront s'établir que si le recouvrement acquis est suffisant avant que la répulsion nucléaire n'atteigne un niveau prohibitif, et que les liaisons les plus fermes seront celles où le point maximal (e_1, figure 1 (*b*)) est le plus éloigné du noyau.

De façon semblable, on peut déduire des fonctions orbitales sp_2 du bore trois fonctions équivalentes orientées le long d'axes séparés mutuellement par 120° et situés dans un même plan: ici encore la position du point maximal est plus favorable que dans une fonction simple p_x ou p_y. On pourrait dire que les fonctions non-orientées *s* ont été englobées par les fonctions mixtes orientées résultant du mélange. On ne saurait trop souligner que les fonctions dérivées de l'équation d'onde sont aussi authentiques que les fonctions originales; les fonctions d'onde atomiques elles-mêmes ne nous indiquent pas du tout quelles fonctions le béryllium ou le bore adopteront dans la formation de leurs composés. On lèvera cette indétermination en rappelant qu'un atome tend toujours à former des liaisons aussi fermes que possible, or c'est précisément le cas lorsqu'il utilise des fonctions orbitales mixtes. Ce raisonnement est confirmé par l'observation que les atomes de $BeCl_2$ (et de $HgCl_2$) sont en ligne droite, et que les composés du bore tels que BF_3, BCl_3, $B(OH)_3$ et $B(CH_3)_3$ sont des triangles équilatéraux dont le centre est occupé par le bore et les sommets par les centres des atomes combinés.

Le principe des fonctions mixtes s'applique aussi aux atomes du groupe 5 (N, P et As) et du groupe 6 (O, S et Se) dont les électrons de la couche de valence n'entrent pas tous en jeu lorsque ces atomes présentent leur valence la plus basse (III et II respectivement). Les quatre fonctions disponibles de ces atomes sont sp_3; quand on les soumet au processus du mélange elles donnent, comme toujours, un nombre égal de fonctions équivalentes

Angles des liaisons dans les composés des éléments des groupes 5 et 6

Oxygène:		Azote:	
OH_2	105°	NH_3	108°
$O(CH_3)_2$	111°(3°)	NH_2CH_3	108°
OF_2	105°(5°)	$N(CH_3)_3$	108°
OCl_2	111°(2°)	NF_3	103°
Soufre:		Phosphore:	
S_8	105°	$P(CH_3)_3$	101°(3°)
SCl_2	103°(3°)	PF_3	104°(4°)
S_2Cl_2	105°(5°)	PCl_3	101°(2°)

(*Lorsqu'elle est connue, l'erreur probable de ces observations est donnée entre parenthèses.*)

orientées le long d'axes inclinés à 109° en donnant un tétraèdre. Si nous dénotons ces fonctions par t_{1-4} la configuration électronique sera $t_1{}^2[t_{2-4}{}^3]$ dans les liaisons du groupe 5 et $t_1{}^2t_2{}^2[t_{3-4}{}^2]$ dans le groupe 6. Dans ces symboles les fonctions orbitales de liaison, occupées chacune par un électron, sont entre crochets, et le nombre d'électrons dans les fonctions orbitales est donné par les indices supérieurs: l'indice supérieur dénote donc la valence de la configuration. On voit ainsi que le mélange des fonctions, s'il donne bien naissance à des liaisons plus fortes, ne modifie toutefois pas la valence. Pour simplifier nous dénoterons le mélange des fonctions par des parenthèses; donc $t_{1-4} = (sp_3)$.

Il est logique de penser que si le mélange des fonctions est concevable il faut toutefois le limiter à celles qui n'ont qu'un électron. On peut démontrer que le mélange de fonctions équivalentes ne modifie pas leurs propriétés. Par conséquent

$$s, p_3 = s(p_3) = sp(p_2),$$

et les angles des composés dans le tableau ci-joint devraient avoir 90° au lieu de leur vraie valeur proche de 109°. L'augmentation est due essentiellement à l'inclusion de la fonction non-orientée *s*.

Les éléments des familles B des groupes 5, 6 et 7 (P, As; S, Se, Te; Cl, Br, I), lorsqu'ils exercent respectivement les valences V, IV et III, utilisent tous un mélange de cinq fonctions simples sp_3d qui, contrairement aux exemples considérés jusqu'ici, ne peuvent pas fournir des fonctions équivalentes (cinq) mais donnent des directions pointant vers les sommets d'une bipyramide triangulaire (figure 2). Il est clair que les directions polaires ne sont pas équivalentes aux directions équatoriales et c'est sans doute pour cela que les halogénures mixtes du phosphore ont tous le type PX_2Y_3, par exemple PCl_2F_3; en effet, on n'a pas obtenu PX_4Y et PXY_4. Si nous dénotons les fonctions mixtes par v_{1-5} et les fonctions orbitales de liaison comme auparavant, nous aurons:

Groupe 5 ..	$[v_{1-5}{}^5]$	Valence V
Groupe 6 ..	$v_1{}^2[v_{2-5}{}^4]$	Valence IV
Groupe 7 ..	$v_1{}^2v_2{}^2[v_{3-5}{}^3]$	Valence III

Comme exemples de ces structures à trois dimensions nous citerons PX_2 où X est F, Cl ou Br (figure 2); l'halogénure mixte PCl_2F_3 (figure 3); $TeCl_4$ et $Se(C_6H_5)_2Cl_2$ (figures 4 et 5) et finalement les composés BrF_3 et ICl_3 (figure 6). De toutes ces structures seules celles des composés interhalogènes restent à confirmer. Les structures des pentahalogénures du phosphore, révélées par la diffraction des électrons, sont celles des molécules à l'état libre dans les gaz. Au cours de la cristallisation il se produit une réorganisation structurale remarquable que nous envisagerons plus loin. Il aurait été difficile pour la stéréochimie classique de prédire l'existence des molécules inusitées de Se(IV) et Te(IV) à face unique; la structure tétraédrique leur aurait certainement été attribuée. Il est regrettable qu'il n'existe pas de composé de S(IV) assez stable pour être examiné. Les sels de sulphonium $(Sabc)^+.X^-$ dans lesquels le cation est énantiomorphe étaient autrefois classés dans la chimie du soufre tétravalent, mais comme S^+, uni à des groupes *a*, *b* et *c*, est isoélectronique avec le phosphore, sa stéréochimie est essentiellement celle de P(III), basée sur (sp_3). Le cation est donc pyramidal comme $P(CH_3)_3$ et l'énantiomorphisme s'explique. L'anion fluoiodate $(IO_2F_2)^-$ dont la forme observée est représentée par la figure 7, est l'analogue de $TeCl_4$, puisque I^+ et Te sont isoélectroniques. La forme linéaire des ions $(ICl_2)^-$, $(IBr_2)^-$ et I_3^- dérive aussi du mélange (sp_3d) qui s'exerce dans la configuration de valence $v_1{}^2v_2{}^2v_3{}^2[v_{4,5}{}^2]$. On accordera les directions équatoriales aux fonctions qui ne servent pas aux liaisons car cela résulte de leur équivalence (figure 8).

Nous passons maintenant aux fonctions de liaison formées par le mélange du sextet sp_3d_2 qu'on rencontre le plus souvent en stéréochimie, à part

FIGURE 2 – *Pentahalogénures de phosphore: ◎, P; ○, halogène.*

FIGURE 3 – *La molécule PCl_2F_3: ◎, P; ○, Cl; ●, F.*

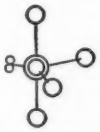


FIGURE 4 – *Tétrachlorure de tellure, $TeCl_4$: ◎, Te; ○, Cl; ∞, paire d'électrons.*

FIGURE 5 – *La molécule $Se(C_6H_5)_2Cl_2$: ◎, Se; ○, C_6H_5; ○, Cl; ∞, paire d'électrons.*

FIGURE 6 – *Les molécules BrF_3 et ICl_3: ◎, Br ou I; ○, F ou Cl; ∞, paires d'électrons.*

FIGURE 7 – *L'anion fluoiodate $(IO_2F_2)^-$: ⊙, I^+; ○, F; ◎, O^-; ∞, paire d'électrons.*

(sp_3). Les fonctions mixtes que nous appellerons o_{1-6}, sont toutes équivalentes et leurs points maximaux sont sur des axes orientés vers les sommets d'un octaèdre; tous les angles ont donc 90°. On a cette configuration dans les éléments du groupe 6 lorsqu'ils exercent leur valence maximum, et dans une multitude d'ions complexes fort divers, tels que $(SiF_6)^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ etc. Dans la figure 9 on verra les octaèdres de SF_6, SeF_6 et de l'acide tellurique $Te(OH)_6$; l'anion des paraperiodates $(IO_6)^{5-}$ en fournit encore un exemple (figure 10), car, ainsi qu'on l'a vu, I^+ et Te sont isoélectroniques. La stéréochimie de l'iode présente encore d'autres exemples intéressants tels que le pentafluorure IF_5 et l'anion $(ICl_4)^-$. Sans l'aide de la mécanique ondulatoire et la confirmation expérimentale de la structure du fluorure (figure 11) il n'est pas douteux qu'on aurait assigné à celui-ci une forme semblable à celle des pentahalogénures du groupe 5; en fait c'est une pyramide à base carrée résultant de la configuration de valence $o_1{}^2[o_{2-6}{}^5]$, tandis que l'ion $(ICl_4)^-$ résulte de $o_1{}^2o_2{}^2[o_{3-6}{}^4]$. On a naturellement orienté les fonctions ne servant pas aux liaisons le long des directions polaires afin de minimiser la répulsion de leurs paires d'électrons (figure 12). On pourrait se demander pourquoi on n'a pas fait de même pour les ions $(ICl_2)^-$, etc. (figure 8). Apparemment ce cas est régi par le principe logique que des groupes chimiques identiques — les atomes de fluor de PCl_2F_3, les trois paires d'électrons de l'anion ICl_2^- — doivent être unis par des fonctions équivalentes.

La diffraction par les rayons X a prouvé que la

FIGURE 12 – *L'anion $(ICl_4)^-$: ◎, I^-; ○, Cl; ∞, paires d'électrons.*

FIGURE 13 – *Bihydrate de chlorure cuivrique, $CuCl_2$. $2H_2O$: ◎, Cu; ○, Cl; ⦶, O de H_2O.*

combinaison des ions $(PCl_6)^-$ et $(PCl_4)^+$ et celle de $(PBr_4)^+$ et Br^- donne respectivement les pentachlorure et pentabromure *cristallins* du phosphore. La constitution schématique des ions $(PX_4)^+$ et $(PX_6)^-$ s'exprime correctement par $(P^+)X_4$ et $(P^-)X_6$; or P^+ est isoélectronique avec Si et utilise (sp_3), et P^- est isoélectronique avec S et utilise (sp_3d_2). Nous prédisons donc un tétraèdre pour $(PCl_4)^+$ et un octaèdre pour $(PCl_6)^-$: leur structure cristalline les révèle clairement. Il est possible que ce changement remarquable accompagnant la cristallisation reflète la préférence des atomes pour des fonctions (sp_3) et (sp_3d_2) qui sont toutes équivalentes plutôt que pour des fonctions de deux sortes comme les (sp_3d) utilisées dans le PCl_5 gazeux.

Pour finir nous mentionnerons la stéréochimie des atomes dans les composés complexes. On sait que 4 et 6 sont les nombres de coordination les plus fréquents. Dans les corps complexes de valence 6 les fonctions de liaison sont o_{1-6} pour la plupart, mais il y a quelques exceptions à cette règle. Dans le cas de la valence 4 la base est ordinairement $t_{1-4} = (sp_3)$ et entraîne la structure tétraédrique, mais dans les complexes des ions

FIGURE 8 – *Les anions $(IX_2)^-$: ◎, I^-; ○, Cl, Br, ou I; ∞, paires d'électrons.*

FIGURE 9 – *Les octaèdres de l'hexafluorure de soufre et de sélénium, et de l'acide tellurique $Te(OH)_6$: ◎, S, Se ou Te; ○, F ou OH.*

FIGURE 10 – *L'anion $(IO_6)^{5-}$: ◎, I^+; ○, O^-.*

FIGURE 11 – *Le pentafluorure d'iode, IF_5: ◎, I; ○, F; ∞, paire d'électrons.*

Résumé des principales fonctions orbitales de liaison

Fonctions combinées	*Fonctions de liaison*	*Angles de valence*	*Fréquence*
s, p	(sp)	180°	Groupe 2
s, p_2	(sp_2)	120°	Groupe 3
s, p_3	t_{1-4}	109°	Groupe 4
	t_{2-4}	..	Groupe 5 (III)
	t_{3-4}	..	Groupe 6 (II)
s, p_3, d	v_{1-5}	120°, 180° 90°	Groupe 5 (V)
	v_{2-5}	..	Groupe 6 (IV)
	v_{3-5}	120°	Groupe 7 (III)
s, p_3, d_2	o_{1-6}	90°	Groupe 6 (VI)
	o_{2-6}	..	Groupe 7 (V)

bivalents du cuivre, du nickel, du palladium et du platine apparaît le mélange (sp_2d) et l'on sait cependant qu'il n'est associé avec la valence primaire d'aucun atome. Les fonctions orbitales sont équivalentes et orientées vers les sommets d'un carré; les cinq atomes sont donc dans le même plan. Cet arrangement domine la stéréochimie des complexes du Cu^{2+} et s'observe clairement dans l'ion $(Cu.4NH_3)^{2+}$ et le bihydrate de chlorure cuivrique $CuCl_2.2H_2O$ qui a une structure entièrement covalente (figure 13).

APPENDICE

Dans la diffraction des rayons X, deux des trois quantités (*a*) la longueur d'onde λ_x, (*b*) l'espacement cristallin d et (*c*) l'angle de diffraction θ, suffisent pour déterminer la troisième. Autrefois on recherchait la longueur d'onde λ mais aujourd'hui on s'attache à déterminer d en mesurant l'angle θ donné par une radiation de longueur d'onde connue λ. Un faisceau d'électrons rapides (de poids moléculaire 0,00055) est diffracté par la matière cristalline de la même manière, et on peut également calculer la longueur d'onde λ_e pour des espacements d connus et des angles θ observés. Si les électrons ont traversé une différence de potentiel de P volts ils auront chacun une énergie cinétique T_e de P électrons-volts. Quelle que soit la signification qu'on attache à λ_e, l'expérience prouve que la loi $(\lambda_e)^2 = (\text{constante})/P = (\text{constante})/T_e$ s'applique sans exception. On remarquera que la possibilité de faire varier λ_e en changeant simplement P donne à la diffraction électronique une flexibilité que n'ont pas les rayons X: en pratique, lorsque $\lambda_e \simeq 10^{-8}$ cm, P est de l'ordre de 100 volts. Enoncer une longueur d'onde revient à dire que l'amplitude Ψ des ondes varie périodiquement. La variation d'une onde se déplaçant dans le sens x s'exprime par l'équation (rayons X):

$$\text{constante} \cdot \frac{d^2\Psi_x}{dx^2} = -\frac{1}{\lambda_x^2} \cdot \Psi_x.$$

Et pour les électrons on doit pouvoir écrire:

$$\text{constante} \cdot \frac{d^2\Psi_x}{dx^2} = -T_e \cdot \Psi_e.$$

L'intérêt est donc déplacé, avantageusement comme nous le verrons, de la longueur d'onde à l'amplitude Ψ_e.

En chimie, surtout en stéréochimie, on s'intéresse aux propriétés des électrons qui sont liés par un potentiel V à l'atome ou à la molécule, et non à ceux qui se déplacent librement dans l'espace. Pour l'atome d'hydrogène on a $V = -e^2/r$, où r est la distance entre l'électron et le noyau porteur d'une charge unique. L'énergie électronique d'un électron fixé de la sorte est $E = T + V$ et l'on doit postuler que T et V varient tous deux avec la position de l'électron, tandis que E reste constant. En outre, on ne peut se contenter d'une seule variable dans l'espace. Pour un électron combiné on aura:

$$\text{constante} \cdot \left[\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial z^2}\right] = -(E - V)\Psi.$$

Comme c'est la forme algébrique de Ψ et non sa valeur absolue qui importe en stéréochimie on peut rendre arbitrairement la constante égale à un, et l'équation devient alors:

$$[V - \nabla^2]\Psi = E \cdot \Psi,$$

où ∇^2 représente $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$. On voit que les formes de Ψ (qui seront des fonctions de x, y et z) qui satisfont cette équation doivent être reproduites sans changement quand on les soumet aux opérations indiquées entre crochets, sauf à la multiplication par une constante E. Cette condition rigoureuse signifie qu'il n'y a qu'un nombre restreint de fonctions d'onde qui y répondent et également un nombre limité de valeurs pour l'énergie totale. En résumé, la fonction d'onde prédit le fait bien connu des états stationnaires de l'atome, qui était resté absolument inexpliqué jusqu'à l'avènement de la mécanique ondulatoire. On peut résoudre l'équation pour l'atome d'hydrogène ($V = -e^2/r$) par les méthodes usuelles, mais il est beaucoup plus difficile d'obtenir des solutions pour les systèmes plus compliqués. Heureusement il est aisé de prouver qu'on peut appliquer aux atomes en général les propriétés générales des solutions obtenues pour l'hydrogène qui ont servi dans la discussion qui précède.

Guillaume-François Rouelle (1703–70)

DOUGLAS McKIE

Dans le domaine de la Science, celui qui enseigne avec foi et enthousiasme contribue presque autant au progrès que l'homme de laboratoire ou le théoricien. Rouelle, qui par ses excentricités et ses distractions se rapproche de l'illustre Ampère, fut selon les témoignages contemporains un professeur génial; il eut pour élèves non seulement les plus habiles chimistes français de la deuxième moitié du XVIIIe siècle, mais aussi de nombreux savants étrangers. Il fut également un expérimentateur et un théoricien de valeur comme l'attestent ses communications à l'Académie des Sciences et ses notes de cours.

L'impulsion donnée à la vie intellectuelle par les philosophes français du XVIIIe siècle prenait de l'ampleur lorsque Diderot et d'Alembert firent paraître les premiers volumes de l'Encyclopédie, où ils exposaient leurs projets de réforme et faisaient la critique de la pensée et de la société contemporaines. Le troisième volume, paru en 1753, contient un article sur la Chimie, écrit par Venel (1723–75), professeur à Montpellier, et selon toute évidence revu par Diderot. L'auteur, après avoir signalé que la Chimie est négligée en France, affirme que «cette science n'est que très médiocrement répandue même parmi les savants, malgré la prétention à l'universalité des connaissances qui fait aujourd'hui le goût dominant. Les chimistes forment encore un peuple distinct, très peu nombreux, ayant sa langue, ses lois, ses mystères et vivant presque isolé au milieu d'un grand peuple, peu curieux de son commerce, n'attendant presque rien de son industrie». Il faut toutefois espérer un changement car «Il est clair que la révolution qui placerait la Chimie dans le rang qu'elle mérite, qui la mettrait au moins à côté de la Physique calculée; que cette révolution, dis-je, ne peut être opérée que par un chimiste habile, enthousiaste et hardi.»

En 1756, Francis Home (1719–1813), professeur à Edimbourg, déplore que la Chimie ait été trop longtemps reléguée au second plan: elle va rarement au-delà de la composition d'un médicament, comme si c'était la limite de ce qu'elle pouvait faire pour l'humanité. A cette époque les travaux de Joseph Black sur la magnésie et autres substances alcalines viennent de paraître: il y démontre que les alcalis doux diffèrent des alcalis caustiques en ce qu'ils contiennent de «l'air fixé» différent de l'air commun. Lavoisier n'est alors qu'un écolier de 13 ans.

Il est donc évident que vers 1750 le même sentiment prévaut des deux côtés de la Manche quant à la situation de la Chimie, et les mêmes doléances se font entendre.

Quelques vingt ans après Diderot, à la demande de l'Impératrice Catherine II de Russie, adresse à celle-ci un mémoire détaillé sur l'enseignement, y donnant son avis sur les diverses disciplines. Au sujet de la Chimie, il fait ressortir d'abord l'utilité de cette science; puis il cite, en l'approuvant pleinement, la remarque de Becher (1635–82), l'initiateur de la théorie de la phlogistique, que «les physiciens sont des gens bornés qui ne s'attachent qu'à l'extérieur des corps». Il recommande en dernier lieu, pour l'enseignement de la Chimie et de ses applications aux arts mécaniques, d'acquérir et d'utiliser les notes de cours préparées par Rouelle et revues, corrigées et complétées par le frère de celui-ci et par d'Arcet. Au moment où Diderot écrit le mémoire en question, la révolution dans la Chimie a commencé et s'achèvera une dizaine d'années plus tard. Sa recommandation au sujet des notes de Rouelle n'en est pas moins un éloge mérité, accordé à un professeur génial, à qui la Chimie française devait plus qu'à aucun de ses prédécesseurs et qui avait formé presque tous les chimistes français de la fin du XVIIIe siècle: Macquer, Bayen, Venel, Cadet, d'Arcet, Roux, Bucquet, Leblanc, Proust, et surtout Lavoisier. Avant Rouelle des maîtres de grand renom avaient enseigné la Chimie, notamment Lemery, en France, et Boerhaave, en Hollande; et, avant la mort de Rouelle, Black avait acquis une renommée européenne. Diderot cependant voyait juste: pour l'historien actuel de la science française Rouelle se situe au point de transition entre la Chimie ancienne et la nouvelle, celle de Lavoisier.

Guillaume-François Rouelle appartenait à une famille de fermiers normands. Né à Mathieu, près de Caen, en 1703, il fit ses classes au Collège du Bois à Caen et montra de bonne heure un goût prononcé pour les sciences: il recueillait des spécimens

FIGURE 1 – *Guillaume-François Rouelle, démonstrateur en Chimie au Jardin du Roi* (1742–68), *membre de l'Académie des Sciences* (1744); *un des maîtres de Lavoisier.* (*Reproduction d'une miniature anonyme, aimablement autorisée par le bibliothécaire de la section scientifique de* Clifton College, *Bristol.*)

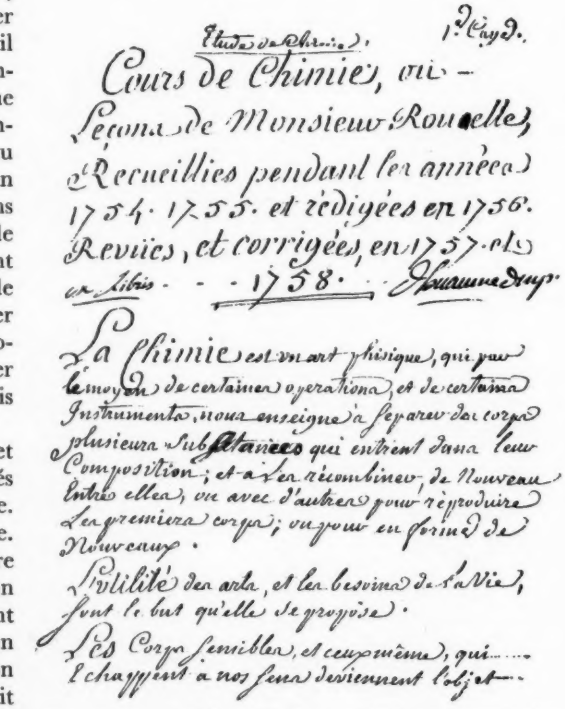
minéralogiques et botaniques et cultivait un petit jardin de plantes rares. Plus tard à l'Université de Caen il commence des études de médecine; mais la dissection lui répugne et il est trop sensible pour s'accoutumer au spectacle de la souffrance. Aussi il abandonne l'espoir de devenir un médecin et s'adonne à la Chimie pour laquelle il a un fort penchant. Il emprunte la forge, les fourneaux et les outils d'un chaudronnier du voisinage et dans ce laboratoire improvisé il reçoit même des élèves. Bientôt, accompagné de deux amis à qui il a communiqué son zèle pour les sciences, il se rend à Paris pour parfaire ses études. Là, renonçant définitivement à la médecine proprement dite, il décide d'étudier la pharmacie où son sujet de prédilection, la Chimie, joue un rôle prépondérant. Il entre chez un apothicaire allemand, Spitzley, et y passe sept années, enrichissant ses connaissances au moyen d'expérience et de lectures et par la fréquentation des principaux chimistes de l'époque. Peu après il s'établit pour son propre compte Place Maubert où ses cours de Chimie et de pharmacie et sa personnalité originale attirent une foule d'auditeurs et lui procurent en 1742 le poste de «démonstrateur» pour la Chimie au Jardin du Roi.

De 1742 à 1768 Rouelle enseigne et surtout popularise la Chimie; à ses cours se pressent des savants, des littérateurs, des courtisans, des mondaines, des étudiants et d'autres encore, et à tous il communique son enthousiasme. Les cours étaient faits par le professeur et le démonstrateur conjointement: le premier exposait ses idées ou ses théories, puis laissait au second le soin d'en faire la preuve expérimentale. Du temps de Rouelle, le professeur était Bourdelin, conférencier froid et guindé, qui finissait ordinairement sa leçon par ces mots: «Tels sont, Messieurs, les principes et la théorie de cette opération, comme M. le Démonstrateur va vous le prouver par des expériences.» Rouelle toutefois faisait généralement l'inverse et

réfutait les théories du professeur; sans compter que sa façon de les formuler ajoutait au piquant de ses critiques. Il avait le discours embrouillé, souvent incorrect, mais, faisait-il ressortir, il n'était pas «de l'académie du beau parlage». Il commençait posément; cependant, à mesure qu'il s'échauffait, les mots lui venaient difficilement. Arrivé dans la salle vêtu impeccablement, il ôtait son chapeau quand les mots lui manquaient, et le suspendait parfois à une cornue; puis c'était le tour de la perruque qu'il accrochait à quelque appareil; il se débarrassait ensuite de sa cravate, son habit de velours, son gilet. Alors son débit devenait plus facile, un torrent de faits et d'idées lui tombait des lèvres, tandis qu'il allait et venait à grandes enjambées. Son neveu qui l'assistait dans ses expériences était chargé d'apporter à point nommé les appareils dont il avait besoin; mais le pauvre garçon pouvait rarement deviner où et quand il fallait apprêter les appareils, vu le caractère improvisé et péripatétique de la leçon. De sorte que Rouelle, devant l'absence d'appareils, s'interrompait pour appeler: «Neveu, éternel neveu!» Puis, reprenant son cours, allait tout en parlant chercher les appareils dans l'arrière-salle. Au retour, il avait généralement achevé la démonstration commencée et concluait: «Oui, Messieurs, voilà ce que j'avais à vous dire.» Si on l'en priait il recommençait la démonstration, comme si elle avait eu lieu devant les assistants qui ne l'avaient pas bien comprise. Il se produisait parfois des explosions qui remplissaient la salle de vapeurs (de peroxyde d'azote ou d'acide chlorhydrique) et faisaient l'auditoire se précipiter par les fenêtres dans le jardin. Il arrivait souvent à Rouelle d'expliquer une nouvelle théorie ou quelque nouveau procédé qu'il aurait préféré tenir secrets, et d'ajouter aussitôt: «Ceci est un de mes arcanes que je ne dis à personne.»

Au cours de ses leçons il lançait des critiques et des pointes à l'adresse de certaines personnalités scientifiques qui parfois se trouvaient dans la salle. Macquer et Buffon en furent souvent la cible. L'injure la plus sanglante de son vocabulaire était «plagiaire». On dit que tous les ans à un certain endroit de son cours il s'écriait en parlant du médecin Bordeu: «C'est un de nos gens, un médicastre, un plagiaire, qui a tué (maltraité) mon frère.» Le fait qu'aucun de ceux qu'il injuriait ainsi ne s'en offensait indique l'estime qu'on avait pour lui. Il est à noter que Diderot assistait souvent aux cours de Rouelle et prenait soigneusement des notes. Lavoisier eut entre les mains un recueil de ces notes et en fit son profit quand il assista lui-même aux cours, probablement en 1763 ou 1764.

Rouelle fut élu membre adjoint de l'Académie des Sciences en 1744, et en 1752 membre associé. Entre 1744 et 1754 les volumes annuels de mémoires de l'Académie en contiennent cinq de lui. Les plus importants traitent de la nature des sels et représentent l'apport de Rouelle à la théorie chimique. Le lecteur moderne, pour mieux le comprendre, doit tenir compte du fait que l'acception actuelle du mot base était alors toute nouvelle. Rouelle entend par un sel une substance solide produite par la combinaison d'un acide et d'une base. Il reconnaît l'existence des sels neutres, comme il les appelle, et que nous appelons les sels normaux, dans lesquels l'acide et la base se saturent mutuellement: leur neutralité se révèle en ce qu'ils ne changent pas la couleur du sirop de violette, l'indicateur alors en usage. Il signale l'existence des sels acides qui contiennent une portion d'acide libre, et aussi des sels contenant un minimum d'acide, notamment le chlorure d'argent


Etudes de Chimie. 1.re Cay.d.

Cours de Chimie, ou –
Leçons de Monsieur Rouelle,
Recueillies pendant les années
1754. 1755. et rédigées en 1756.
Reviues, et corrigées, en 1757. et
en Libis - - 1758. Shuaume Dup.

La Chimie est un art physique, qui par
le moyen de certaines operations, et de certains
Instruments, nous enseigne à separer des corps
plusieurs substances qui entrent dans leur
Composition; et à les recombiner, de Nouveau
Entre elles, ou avec d'autres pour reproduire
Les premiers corps; ou pour en former de
Nouveaux.

L'Utilité des arts, et les besoins de la Vie,
sont le but qu'elle se propose.

Les Corps sensibles, et ceux même, qui ...
Echappent à nos sens deviennent l'objet ...

FIGURE 2 – *Première page d'un recueil de notes manuscrites d'un cours de Chimie de Rouelle, prises en* 1754–5 *et révisées d'après les cours professés en* 1756, 1757 *et* 1758. *Le manuscrit contient plus de* 1000 *pages.* (*Dû à l'amabilité du bibliothécaire de la section scientifique de* Clifton College, *Bristol.*)

et le calomel; mais Rouelle dépasse ici la théorie chimique de son époque, car ces substances, en raison de leur faible solubilité, n'avaient pas été jusque là considérées comme des sels. Bien que la notion de sels basiques lui échappe, sa définition et sa classification des sels constituent une étape importante sur la voie qui mène à l'état actuel de la Chimie.

Ses fonctions de démonstrateur au Jardin du Roi ne l'empêchent pas de continuer ses cours de la Place Maubert qui se poursuivent, à partir de 1746, à la rue Jacob près de l'hôpital de La Charité, et, en 1750, il adjoint un dispensaire à son laboratoire. Cette même année il est nommé membre de l'Académie des Sciences de Stockholm et de l'Académie Electorale d'Erfurt. In 1768 il se démet, pour des raisons de santé, de son poste au Jardin du Roi, et meurt à Passy le 3 août 1770. Après sa mort des tentatives furent faites pour éditer ses cours: son frère, Hilaire-Marin (1718–79) qui lui succéda au Jardin du Roi, et d'Arcet rassemblèrent quelques recueils de notes, mais la tâche ne fut pas menée à bonne fin. Quelques-uns de ces recueils manuscrits existent encore et l'auteur du présent article tient à remercier ici le bibliothécaire de *Clifton College*, qui lui a permis de consulter l'un d'eux: un beau volume de notes prises à l'origine en 1754–5, puis recopiées en 1756 et finalement revues et corrigées en 1757–8 d'après le recueil fait par Roux et d'Arcet des leçons de Rouelle professées pendant ces années.

Avant de donner un aperçu des manuscrits qui nous sont parvenus, il convient de signaler que c'est Rouelle qui a introduit en France la théorie du phlogistique. Cette théorie, tout comme les autres systèmes aujourd'hui périmés, a été l'objet de controverses prolongées; elle n'en a pas moins été la première grande généralisation en Chimie théorique, celle qui a rendu la Chimie indépendante de l'alchimiste et de l'apothicaire. Il n'est donc pas surprenant que les contemporains de Rouelle aient vu en lui le fondateur de la Chimie en France.

Rouelle, d'après ses notes de cours manuscrites, définissait la Chimie comme étant l'art de séparer les corps en leurs divers composants et de recomposer ceux-ci soit pour obtenir les corps primitifs, soit de nouveaux. C'est une science, dit-il, qui veut des faits, non des arguments stériles, et qui est destinée à servir l'humanité. Il admet la théorie des quatre éléments: air, eau, feu et terre, mais remplace le feu par la phlogistique, supposant en outre un cinquième: la «terre mercurielle» de Becher. Ce n'était toutefois pas les éléments simples qui composaient les corps mais des combinaisons d'éléments, une douzaine environ. Les propriétés d'un élément se révélaient quand au cours des transformations chimiques il passait d'un composé à un autre. Les éléments sont indestructibles, inaltérables et indécomposables. La partie descriptive de son ouvrage est disposée selon les trois règnes: végétal, animal et minéral, auxquels Rouelle ajoutait trois autres, ceux de l'air, de la terre et de l'eau. Toute la science de l'époque est exposée ainsi de façon systématique avec une description détaillée d'appareils chimiques et de leurs usages, notamment des appareils à distiller. Rouelle est au courant des travaux de Boyle et de Hales sur l'air et il pensait que «l'air» entrait dans la composition des corps. Il employait dans ses démonstrations une forme modifiée de la cuve à eau de Hales pour recueillir et mesurer «l'air» obtenu par chauffage de certaines substances. C'est probablement dans un appareil de ce genre que Lavoisier a remarqué pour la première fois la présence d'un certain «air». Selon Rouelle, l'air doit sa mobilité au feu qu'il contient: enlevez celui-ci et l'air prend une forme concrète. Ailleurs il dit que les volcans doivent leur origine aux masses d'eau qui pénètrent par des fissures de la surface du globe jusqu'au feu intérieur; qu'il est impossible d'avoir des doutes quant à l'origine des fossiles dans les roches sédimentaires, ou de supposer qu'ils sont des fantaisies de la nature; les pluies et les rivières rongent la surface de la terre de même que la mer ronge les côtes. Les notes contiennent une description des acides minéraux et de leurs sels, ainsi qu'une étude sur la forme des cristaux. On devrait, selon Rouelle, réserver tout jugement sur l'alchimie, étant donné que tant d'auteurs dignes de foi ont affirmé avoir été témoins de transmutations; il voudrait toutefois en voir une personnellement pour dissiper certains doutes qui lui restent, mais il ne conseillerait à personne de s'embarquer dans des expériences aussi coûteuses.

Evolution des adaptations

C. H. WADDINGTON

L'auteur rappelle que la théorie de l'hérédité des caractères acquis a été abandonnée au profit du mutationnisme, d'après lequel les caractères adaptatifs résulteraient d'une sélection parmi les caractères auxquels donnent naissance les combinaisons géniques fortuites. Il passe en revue les différentes catégories d'adaptations: exogènes, endogènes et pseudo-exogènes. Après examen approfondi de quelques exemples de cette dernière catégorie ainsi qu'une description détaillée d'expériences faites sur la mouche *Drosophila melanogaster*, l'auteur conclut en faveur de la théorie de l'assimilation génétique des effets du milieu, qui serait une excellente hypothèse de travail en attendant qu'elle soit complètement vérifiée.

On trouve fréquemment dans le monde vivant animal ou végétal des structures très précisément adaptées à leurs fonctions. La nature des mécanismes qui ont réalisé cette situation au cours de l'évolution constitue l'un des problèmes majeurs de la Biologie. L'hypothèse de l'hérédité des caractères acquis suggère que, d'une manière ou d'une autre, les effets du fonctionnement deviendraient héréditaires. L'interprétation usuelle en est que la réaction entre l'organisme et son milieu a, entre autres, un effet sur le germen. Cet effet produit des modifications héréditaires déterminant l'apparition dans les générations suivantes d'individus adaptés à ces conditions particulières de vie. Bien que récemment remise en honneur, sous une forme plutôt nébuleuse, en Union Soviétique, cette idée se trouve si complètement rejetée par le reste du monde scientifique que la plupart des travaux importants récents sur l'évolution la considère comme peu digne de discussion. La position moderne généralement adoptée admet que les mutations se produisent entièrement au hasard et que l'adaptation résulte seulement de la sélection naturelle de mutations se trouvant à produire des individus présentant les caractères adaptatifs. Je me propose de soutenir que cette théorie est une position extrême qui, en essayant de rendre compte de l'adaptation, néglige l'appui de doctrines tirées d'autres domaines de la Biologie moderne lesquelles peuvent harmonieusement se combiner avec les conclusions de la génétique au sens strict. Nous porterons notre attention uniquement sur le règne animal, mais il n'y a pas de raison de douter qu'on ne puisse avancer des arguments similaires pour le règne végétal.

Les phénomènes que l'on comprend généralement sous le terme d'adaptation sont de plusieurs types que nous devons d'abord distinguer brièvement les uns des autres.

On trouve d'abord une catégorie d'adaptations au cours desquelles un animal vivant dans des conditions particulières, ou se comportant d'une manière particulière, se modifie lui-même pour être mieux adapté à ces circonstances spéciales. Les exemples de telles adaptations exogènes sont légion. Des muscles continuellement et intensément utilisés deviennent plus volumineux et plus forts; l'ablation d'un rein chez le mammifère provoque l'hypertrophie de l'autre; l'absence de pattes antérieures à la naissance, ou leur ablation peu après, chez des rats ou des chiens, modifie les membres postérieurs dans le sens d'une adaptation à la marche bipède que ces animaux sont contraints d'adopter. La peau soumise à des pressions et des frottements fréquents s'épaissit et devient plus calleuse, etc.

Nous trouvons ensuite une catégorie à laquelle nous pouvons donner le nom d'adaptations pseudo-exogènes où l'animal présente des caractéristiques semblables à celles qui peuvent résulter d'actions directes exogènes, mais qui à l'étude se révèlent héréditaires et indépendantes de l'influence d'un milieu particulier. Nous considérerons quelques exemples de telles adaptations avec un peu plus de détails par la suite, car ils posent l'un des problèmes les plus remarquables.

Finalement, il existe une très grande classe d'adaptations qui, comme Medawar [1] l'a récemment souligné, doivent être distingués de la catégorie précédente. Elles sont caractérisées par le fait que le trait adaptatif est d'une telle nature qu'on ne peut l'imaginer comme produit en réponse directe aux conditions du milieu ou au mode de vie de l'animal. Pour en donner deux exemples seulement, Medawar cite les modifications de certaines cellules épidermiques pour sécréter la sueur et le développement à partir d'une autre partie de la peau d'une aire transparente formant la cornée

de l'œil. Il est impossible, dit-il, de se représenter comment une tentative quelconque de perception à travers une peau opaque pourrait rendre celle-ci transparente. L'adaptation de la cornée à la vision peut difficilement s'être produite sous l'action de quelconques facteurs externes et nous pouvons donc classer cette catégorie sous le nom d'adaptations endogènes.

C'est à propos de ce troisième type d'adaptations qu'il nous est le plus difficile de progresser au-delà de l'hypothèse courante qui se contente de les rapporter à la probabilité de mutations appropriées. Mais, même ici, on peut aller un peu plus loin. Dans certaines adaptations endogènes l'utilité du caractère dépend de facteurs du milieu extérieur. Un autre exemple de Medawar, la possession de cornes servant à l'attaque ou la défense, le montre. Mais la transparence de la cornée est adaptative parce qu'utile au fonctionnement d'une autre partie interne de l'organisme, la rétine, sensible à la lumière que la cornée laisse entrer. Or, je pense que l'on découvrira souvent que les différentes parties englobées dans de telles adaptations endogènes s'agencent les unes aux autres, non seulement durant le fonctionnement chez l'animal adulte, mais encore durant le développement chez l'embryon. Il en est certainement ainsi de la cornée qui peut être induite à partir d'épiderme normal si l'on transplante une capsule optique sous ce dernier à un stade suffisamment jeune. Les différentes parties de l'œil qui ne peuvent efficacement fonctionner que si elles ont des relations normales les unes avec les autres sont interdépendantes au cours de leur développement. Ross Harrison [2] a montré que lors de la greffe du grand cristallin de l'axolotl *Amblystoma tigrinum* sur la capsule optique de l'espèce plus petite *A. punctatum*, le cristallin greffé ne réalise pas sa taille entière, tandis que la capsule optique pourvue d'un cristallin plus grand atteint une taille supérieure à la normale (figure 1). De même, si l'on transplante une capsule optique de *A. tigrinum* sous la peau d'un jeune embryon de *A. punctatum*, elle induit un cristallin originellement de taille *punctatum*, donc relativement trop petit; mais au cours de la croissance le cristallin croît plus vite et la capsule optique plus lentement, de manière à atteindre graduellement les proportions relatives normales. Nous pouvons dire que l'adaptation interne du cristallin à sa rétine, bien qu'endogène en ce sens qu'elle se produit à l'intérieur de l'animal, se trouve néanmoins affectée par des facteurs extérieurs au cristallin lui-même, c'est-à-dire par la rétine. De plus, l'adaptation est en partie une réponse directe à l'influence de la rétine et donc analogue à la première catégorie distinguée ci-dessus. Mais le matériel *tigrinum* a aussi manifestement quelque tendance inhérente à croître plus vite que le *punctatum* et sur ce point nous nous rapprochons de la seconde catégorie, celle des adaptations pseudo-exogènes.

Nous pouvons ensuite considérer les vraies adaptations exogènes où les facteurs externes modifient un animal de manière à augmenter son efficience. Naturellement, une telle adaptation ne se produit pas toujours; le milieu peut dominer l'animal et en définitive le tuer. Par exemple, certaines races spécialisées de bétail des régions tempérées peuvent ne pas s'acclimater sous les tropiques, et y produire des formes dégénérées qui ont la plus grande difficulté à survivre. Cependant, même dans de tels cas, il existe probablement toujours quelque tendance au développement d'adaptations utiles, mais celles-ci ne sont pas assez fortes pour être efficaces. L'adaptation à des modifications relativement faibles du milieu se trouve pourtant, d'habitude, couronnée de succès. Nous connaissons encore relativement peu de choses sur la façon dont ceci s'accomplit, bien qu'on puisse émettre des hypothèses plausibles sur les mécanismes en jeu dans certains cas particuliers. Dans le cas de l'hypertrophie d'un organe pair après ablation de son symétrique (cas des reins) on peut admettre par exemple la suggestion [3] que chaque organe requiert pour sa croissance quelque substance

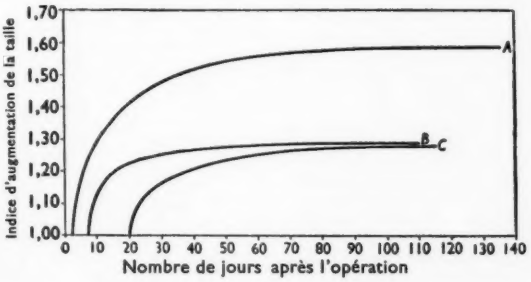


FIGURE 1 – *Transplantation de l'ébauche ectodermique du cristallin de* Amblystoma tigrinum *à* A. punctatum. *Courbe A: Croissance du cristallin* tigrinum *associé avec la capsule optique de la même espèce, exprimé par le rapport* taille du cristallin tigrinum/taille du cristallin punctatum. *Courbe B: Courbe similaire pour le cristallin* tigrinum *associé à une capsule optique* punctatum. *Courbe C: Croissance de la capsule optique* punctatum *associée avec un cristallin* tigrinum, *exprimée en prenant pour unité sa taille quand elle est associée à un cristallin* punctatum. *Noter combien dans les combinaisons interspécifiques le cristallin croît plus lentement et la capsule optique plus vite qu'ils ne le feraient normalement (d'après Harrison).*

spécifique, ou encore se reporter à l'intéressant travail [4] concernant les effets sur la croissance d'un organe des antisérums spécifiques contre lui [5].

Il se peut, dans beaucoup de cas, que les processus chimiques impliqués dans le fonctionnement d'un enzyme ou d'une substance analogue, soient liés à ceux de sa synthèse, si bien qu'un fonctionnement accru détermine automatiquement un accroissement de la synthèse. D'autres exemples sont certainement plus complexes; ainsi, chez des larves de triton maintenues en eau pauvre en oxygène, non seulement les branchies se développent davantage mais aussi les tissus de leurs parois deviennent plus minces, assurant une diffusion plus rapide du gaz [6]. Nous pouvons peut-être trouver ici une explication mettant en jeu les effets du manque d'oxygène sur la vitesse du flux sanguin et l'influence de celui-ci sur les vaisseaux à travers lesquels il se meut. Mais le phénomène de réponse adaptative est si vaste et si général qu'il semble peu convaincant de l'expliquer seulement par une série d'hypothèses *ad hoc*, en invoquant une nouvelle explication pour chaque cas différent. Il semble difficile de faire mieux que d'aller à l'autre extrême et de faire valoir l'argument général — trop général pour être satisfaisant — que c'est un avantage pour les animaux de pouvoir s'adapter avec succès à de nouvelles circonstances et que la sélection naturelle aurait donc favorisé ceux qui par chance possédaient un stock héréditaire qui les en rendaient capables. On sent que quelque part entre ces extrêmes de particularité et de généralité on pourrait trouver des principes d'application assez générale, mais ils attendent encore leur Darwin.

Ce sont les adaptations pseudo-exogènes qui ont provoqué le plus de discussions. Nous sommes ici en présence de phénomènes pour lesquels on pourrait aisément trouver une explication dans un effet direct de quelque facteur du milieu, si une étude plus approfondie n'avait démontré sans équivoque que la structure en question, déterminée héréditairement, est relativement indépendante du milieu. La question se pose de savoir si nous pouvons croire que l'action accomplie par le milieu en mimant le caractère n'a aucune valeur explicative et que l'évolution de cette adaptation particulière résulte seulement de la sélection de mutations dues au hasard et qui seraient apparues en produisant les phénotypes, même si les effets du milieu n'avaient jamais existé.

Quelques exemples concrets rendront le problème plus clair. Un des plus classiques est celui de l'épaississement de la peau de la plante de nos pieds. Cet épaississement est évidemment une adaptation aux efforts que supporte cette région du corps; mais comme Darwin l'a signalé et Semon [7] discuté dans un article détaillé, l'épaississement apparaît déjà chez l'embryon avant que le pied ait jamais porté aucun poids. Cette structure ne peut donc être une réponse directe à la pression externe mais doit résulter de la constitution héréditaire indépendamment de l'influence externe spécifique à laquelle elle est une adaptation. L'autruche s'accroupit de telle manière que la surface inférieure du corps vient en contact avec le sol à ses deux extrémités avant et arrière. Juste à ces endroits se développe une callosité considérable (figure 2); et Duerden [8] a montré que ces épaississements font leur apparition chez l'embryon avant l'éclosion. Il en est de même des callosités qui apparaissent sur les carpes des pattes antérieures du Phacochère africain qui se nourrit dans une position particulière nécessitant la station sur ces points [9]. Un autre exemple remarquablement clair, affectant un organe différent, est celui de la seconde molaire du Dugong. Chez l'adulte la couronne de cette dent est plus ou moins plate, avec de faibles crêtes transversales. On doit considérer cet aspect comme la modification d'une dent originellement plus conique et l'on pourrait le relier directement à l'usage de la dent pour écraser la nourriture. Mais bien que la dent apparaisse d'abord sous une forme conique chez le jeune embryon, les processus de résorption commencent à lui donner sa forme finale aplatie avant que la dent ne soit utilisée (figure 3) [10].

Il semble très artificiel de s'efforcer d'expliquer de tels phénomènes sans tenir compte du fait que le milieu peut produire des effets analogues. Considérons donc ce qui pourrait arriver à une autruche chez laquelle les callosités appropriées ne seraient pas héréditairement fixées. Sa peau, comme celle de la plupart des autres animaux, réagirait probablement d'une manière directe à la pression externe et au frottement en devenant plus épaisse. Le point qui semble avoir été négligé dans les précédentes discussions sur ce sujet est que cette capacité à réagir doit elle-même dépendre de gènes. Comme les populations d'animaux ne sont jamais tout à fait uniformes pour aucun caractère, nous devons nous attendre à ce que les ancêtres autruches aient varié dans leur capacité à produire les callosités les plus adaptées; il a donc pu se produire une sélection naturelle effective en faveur de ceux qui réalisaient les adaptations exogènes les plus satisfaisantes. Il se serait alors dégagé une

FIGURE 2 – *Face ventrale du corps d'une autruche, montrant les deux callosités (redessiné d'après une photographie publiée par Duerden).*

race chez laquelle l'habitude de s'accroupir d'une manière particulière aurait fait naître des épaississements adaptatifs appropriés de la peau.

A ce stade, les épaississements ne seraient pas encore héréditaires et indépendants de la pression et du frottement; ce seraient encore des caractères acquis au sens habituel. Nous pouvons trouver une hypothèse pour expliquer comment ils se sont fixés héréditairement en considérant un autre aspect de la question. Les callosités sont le résultat des processus du développement. Or, une des principales caractéristiques du développement animal est de tendre à une certaine stabilisation de sorte qu'on aboutit à un résultat final optimum même si des variations mineures autour des conditions normales se produisent au cours du processus [11]. La sélection naturelle, en fait, n'assure pas simplement la survie des seuls possesseurs de caractères se rapprochant de l'optimum, mais elle favorise aussi les génotypes tendant à produire de tels animaux sous toutes conditions. Elle donne naissance à des mécanismes cybernétiques efficients, pour employer un mot à la mode. Ainsi nous pouvons nous attendre à trouver un stade au cours duquel nos autruches produisent presque toujours les callosités appropriées comme taille et position même chez les individus dont on dirait vulgairement qu'ils s'asseyent très rarement ou ceux qui sont perpétuellement affalés.

Une fois un tel mécanisme cybernétique de développement établi on peut le comparer à un fusil armé pour partir lorsqu'on presse la détente. Le développement des callosités procédera d'une façon tout à fait autonome, une fois le mécanisme déclenché. Le stimulus initial, une pression externe plus ou moins grande, devient un facteur beaucoup moins important pour l'ensemble du mécanisme. Il est alors moins difficile de concevoir une mutation de gène modifiant quelque autre région proche de l'embryon de façon à lui faire tenir la place de la pression externe agissant sur la peau, à la façon du doigt qui presse la détente, pour induire le développement des callosités [12].

Il peut sembler que cette argumentation soit bien longue pour être convaincante, mais on peut actuellement apporter à son appui un certain nombre de preuves expérimentales. D'abord, la formation des callosités sur la plante des pieds est induite, sans doute, par des interactions de développement se produisant sur les membres à l'état embryonnaire. Chez les animaux héréditairement polydactyles la constitution génétique provoque l'accroissement non seulement des éléments du squelette, mais aussi des structures associées telles que les muscles et plus particulièrement des callosités (figure 4). Ces épaississements font donc partie d'actions et réactions probablement complexes mais non encore analysées, qui modèlent le jeune bourgeon de membre en un pied adulte.

FIGURE 3 – *Deux stades du développement de la seconde molaire supérieure du dugong. Au stade embryonnaire jeune, à gauche, la dent présente trois protubérances coniques où la résorption commence à peine. A un stade plus avancé mais encore embryonnaire, à droite, des surfaces plus ou moins planes ont fait leur apparition (d'après Kükenthal).*

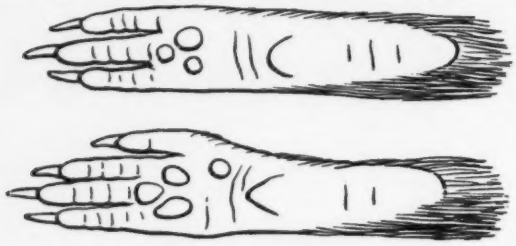


FIGURE 4 – *Pied droit postérieur d'un cobaye normal en haut, et d'un cobaye polydactyle en bas (d'après S. Wright).*

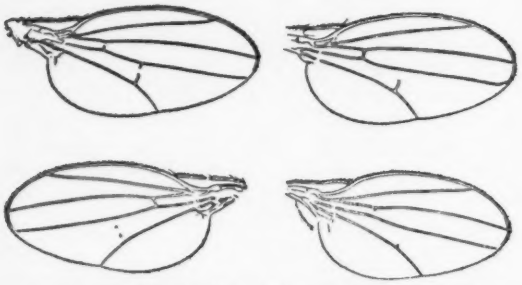


FIGURE 5 – *Défectuosités de la nervure transversale postérieure des ailes de* Drosophila melanogaster *produites par un choc de température au stade de pupe jeune.*

On peut vérifier le raisonnement d'une manière plus efficace en imitant l'action hypothétique de la sélection naturelle, en réalisant une sélection artificielle en faveur de la capacité à réagir à un stimulus bien défini du milieu. Aucun travail de ce genre n'a été fait sur les callosités, mais on a pu expérimenter sur la mouche du vinaigre *Drosophila melanogaster* dont la reproduction est très rapide [14, 15]. En vue de rendre la situation aussi nette que possible, on a utilisé un stimulus du milieu qui produit un phénotype n'apparaissant pas normalement dans la souche utilisée. Des pupes, âgées d'environ 21 à 23 heures, soumises quatre heures à la température de 40° C, donnent naissance à une certaine proportion de mouches dont les ailes présentent une interruption ou une absence de la nervure transversale postérieure, et occasionnellement de l'antérieure (figure 5). On a suivi deux lignes de sélection; dans l'une on utilise seulement comme parents des mouches à nervure transversale interrompue, dans l'autre seulement des mouches n'ayant pas réagi. Dans les deux lignées les pourcentages de sujets réactifs changent avec le temps, ils croissent dans la première lignée et décroissent dans la deuxième. Il est donc possible de sélectionner une aptitude à répondre au milieu (figure 6).

La suite de l'expérience a confirmé les points suivants de la théorie précédente. On a réalisé une stabilisation du type à nervure transversale interrompue ou absente qui s'est étendue si loin que, suivant la prédiction, on a pu obtenir des souches auxquelles la nervure transversale manque même chez les individus conservés toute leur vie dans les conditions normales et dont la pupe n'a jamais été soumise au traitement de la haute température. L'effet sur la nervure transversale, qui dans la souche originale n'apparaissait qu'en réponse à un stimulus externe, devient dans ces races sélectionnées tout à fait indépendant de tout caractère du milieu. Nous pouvons dire que le caractère acquis a été «assimilé» par le génotype. Le manque de nervure est probablement dû maintenant à une modification des réactions qui se poursuivent d'une manière autonome dans l'aile en développement, mais nous ne connaissons pas suffisamment la physiologie du développement de l'aile de *Drosophila* pour deviner exactement quelle réaction ce peut être.

L'accroissement graduel de la fréquence des mouches sans nervure transversale montre d'une manière tout à fait définitive l'œuvre de la sélection. On peut encore se demander si l'on n'assiste pas seulement à la concentration de variants géniques, présents dans la population de départ ou si de nouvelles mutations se sont produites durant la sélection, tendant à la rupture de la nervure transversale, et dans ce dernier cas si nous pouvons supposer que c'est le traitement lui-même qui a déterminé leur apparition. Les expériences réalisées n'ont pas fourni de réponse définitive. On peut remarquer que les lignées sans nervure transversale diffèrent de la souche originelle par un très grand nombre de gènes; nous n'opérons pas seulement sur un gène, et si nous avons recueilli de nouvelles mutations il doit y en avoir un grand nombre. De plus, beaucoup de mouches ont été utilisées à chaque génération, de l'ordre d'un millier, et il

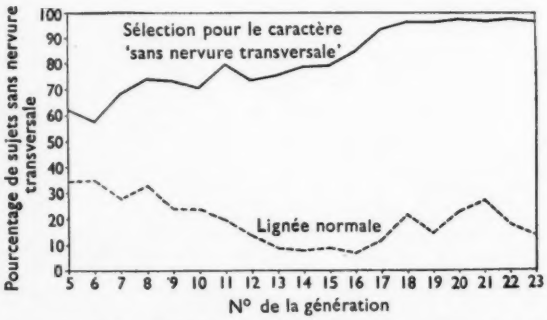


FIGURE 6 – *Résultats de la sélection pour et contre l'aptitude à répondre à un choc de température par la formation d'un phénotype sans nervure transversale.*

semble peu probable que de nouvelles mutations puissent apparaître en tel nombre au cours des générations relativement peu nombreuses de l'expérience. On ne peut cependant écarter définitivement la possibilité que le traitement ait provoqué les mutations appropriées. Le fait principal est qu'il n'y a pas besoin de faire appel à cette hypothèse contraire à tout ce que nous savons, par ailleurs, des processus de mutation. La sélection de gènes déjà existants affectant la réactivité au milieu et la stabilisation de leur effet fournissent un compte rendu plausible du résultat en termes de mécanismes génétiques orthodoxes.

Il est probable que ce processus d'assimilation génétique des effets du milieu a joué une part très importante au cours de l'évolution. Les adaptations pseudo-exogènes sont très communes chez les animaux et aussi chez les plantes. Les exemples cités plus haut des callosités de l'autruche et de la dent du dugong ont été choisis comme particulièrement frappants mais non comme typiques. Habituellement, ces adaptations ont un caractère beaucoup plus ordinaire. Un cas pouvant servir à illustrer certains problèmes qui restent à éclaircir est celui des variétés montagnardes de l'escargot d'eau commun *Lymnaea peregra* [16]. Dans certains lacs et étangs d'Ecosse et d'Irlande dont l'eau est très peu chargée en sels on rencontre ce mollusque sous une forme à coquille anormalement fine qui a reçu le nom de *L. praetenuis*. Cette minceur de la coquille est nettement un effet du manque de calcium dans l'eau. On a trouvé qu'élevées dans une eau de dureté normale elles reviennent plus ou moins complètement à la forme usuelle. L'effet, dans ce cas, est donc entièrement, ou au moins principalement, exogène et n'a pas subi d'assimilation génétique. Mais il existe un autre moyen d'économiser les matériaux formateurs de la coquille qui consiste à réaliser un enroulement plus aplati; ce qui réduit la spire. Certains lacs contiennent des races ayant adopté cette forme, habituellement combinée avec une certaine minceur de la coquille; elles ont reçu les noms de variétés *burnetti* et *involuta*. Elevées en eau dure, beaucoup de races reviennent à la normale mais dans quelques races le caractère acquis persiste et doit avoir subi l'assimilation génétique. Toute une série de questions se posent. Pourquoi la forme *praetenuis* n'est elle jamais génétiquement fixée alors que la forme *involuta* l'est quelquefois? Est-ce parce que l'action directe du milieu est plus effective dans la production d'une coquille mince d'aspect normal que dans la production d'une coquille de configuration altérée, ou est-ce que la minceur de la coquille chez *praetenuis* n'est pas une adaptation vraiment avantageuse pour l'animal mais seulement une conséquence nécessaire du manque de calcium tandis que la forme modifiée de la variété *involuta* présenterait un avantage sélectif? Pourquoi la forme modifiée d'enroulement a-t-elle été génétiquement assimilée dans quelques races et non dans d'autres?

Il est clair que la théorie de l'assimilation génétique peut avoir des applications étendues, mais avant de pouvoir l'utiliser avec confiance elle requiert beaucoup plus de support expérimental. La première expérience complète faite pour la vérifier a donné le résultat attendu, mais ceci est à peine suffisant. Nous poursuivons des essais sur *Drosophila* pour sélectionner des aptitudes à donner d'autres réponses à des stimuli variés du milieu. Dans certains cas, les résultats acquis sur le caractère sans nervure transversale semblent se répéter, mais dans d'autres il y a peu de réponse à la sélection sur les premières générations et il est possible que les populations d'origine présentent peu de variations adaptatives dans l'aptitude à répondre de la manière nécessaire. En ce dernier cas l'assimilation génétique n'a aucune chance de s'opérer. Jusqu'à ce qu'on ait déterminé les limites du mécanisme en cause, il est nécessaire d'apporter quelques précautions à l'application de la théorie à tous les phénomènes qu'elle semble capable d'expliquer.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MEDAWAR, P. B. *New. Biol.*, **11**, 10, 1951.
[2] HARRISON, R. G. *Arch. EntwMech. Org.*, **120**, 1, 1929.
[3] HADDOW, A. *Brit. med. J.*, **4**, 417, 1947.
[4] WEISS, P. *Yale J. Biol. Med.*, **19**, 235, 1947.
[5] EBERT, J. D. *J. exp. Zool.*, **115**, 351, 1950.
[6] DRASTICH, L. *Z. vergl. Physiol.*, **2**, 632, 1925.
[7] SEMON, R. *Arch. mikr. Anat.*, **82**, 164, 1913.
[8] DUERDEN, J. E. *Amer. Nat.*, **54**, 289, 1920.
[9] LECHE, W. *Biol. Zbl.*, **22**, 1902.
[10] KÜKENTHAL, W., dans SEMON, R. «Zoologische Forschungsreise in Australien», Vol. v. G. Fischer, Iéna. 1897–1912.
[11] WADDINGTON, C. H. «Organisers and Genes». Cambridge University Press, London. 1940.
[12] *Idem. Nature*, **150**, 563, 1942.
[13] WRIGHT, S. *Genetics*, **20**, 84, 1935.
[14] WADDINGTON, C. H. *Symp. Soc. exp. Biol.* 1953. (Sous presse.)
[15] *Idem. Evolution.* (Sous presse.)
[16] Discussion on the variation of Lymnaea. *Proc. malacol. Soc. Lond.*, **23**, 303, 1939.

La biométrie et la méthode inductive

KENNETH MATHER

Le caractère essentiellement variable des phénomènes vivants et l'impossibilité de contrôler tous les facteurs qui y interviennent, sont les causes des variations dans les résultats des expériences biologiques. Les biologistes doivent donc avoir recours aux méthodes statistiques pour analyser systématiquement des résultats qu'ils obtiennent et déterminer quelles conclusions ils doivent en tirer. Des progrès remarquables ont été accomplis dans cette voie.

On ne saurait raisonnablement refuser le nom de science à une branche d'étude spécialisée où les chiffres n'interviennent presque pas, mais il est certain qu'une science ne peut atteindre son épanouissement avant de devenir quantitative, tant en pratique qu'en théorie. La simple description et la comparaison qualitative peuvent jeter des fondements et même conduire à des généralisations fondamentales comme la théorie cellulaire en biologie, mais tôt ou tard, il faut que l'étude devienne quantitative si son développement doit se poursuivre sans entraves. Sans fondements numériques, les généralisations courent le risque non seulement de rester vagues mais même d'être impossibles à formuler sous la forme que nous leur connaissons. Cela s'applique tout aussi bien, par exemple, aux principes de Mendel sur l'hérédité en Biologie qu'à la théorie atomique de Dalton en Chimie.

La Biologie a mis un temps beaucoup plus long que les autres sciences à parvenir au stade quantitatif. Au siècle dernier, elle s'occupait presque exclusivement de description et d'études comparées. Ces dernières années, toutefois, ont assisté à une rapide transformation. L'expérimentation quantitative et, fait plus important encore, la pensée quantitative sont en voie de devenir chose courante. Ce développement a été inégal et est loin d'être complet, mais il est extrêmement rapide et a déjà eu des conséquences profondes. Cherchons maintenant la cause de ce retard de la biologie quantitative, ou biométrie, et les facteurs qui ont déclenché le mouvement et conduit aux découvertes récentes.

Dans toute science expérimentale on essaie de raisonner du particulier au général en faisant la supposition fondamentale que des circonstances semblables auront des conséquences semblables. Quand des circonstances se répètent exactement, les résultats en font de même et l'on passe ainsi de la constatation particulière à la généralisation sans difficulté. Mais, moins des circonstances se répètent régulièrement, plus il est malaisé de découvrir leur élément commun et la possibilité de généralisation en est largement diminuée. En principe, il se peut que les chances de répétition exacte d'une situation soient très faibles et même nulles, mais dans les sciences les plus anciennes, on peut au moins dans la plupart des cas réduire les variations au minimum. Un système physique ou une réaction chimique peut être reproduit assez fidèlement pour que les différences constatées dans les résultats d'expériences successives, ou erreur expérimentale, soient infimes par rapport au phénomène étudié et mesuré. En outre, les causes de variation importante sont en général suffisamment claires et peu nombreuses pour que nous les reconnaissions, mesurions leurs effets et en tirions des lois qui nous permettent d'en tenir compte dans nos calculs. Le volume de gaz émis au cours d'une réaction chimique, par exemple, varie avec la température et la pression; mais il est aisé de faire la correction nécessaire à l'aide des lois de Gay Lussac et de Boyle. En d'autres termes, les systèmes physiques et chimiques, ou plutôt leurs variations, sont assez simples pour permettre de reconnaître les agents qui les gouvernent, mesurer les effets de ceux-ci et donner à nos observations l'occasion de se répéter presque exactement.

Les systèmes biologiques n'ont pas cette simplicité. Les organismes et leurs parties constituantes varient considérablement pour des raisons diverses de génétique, de développement et de milieu de sorte que deux situations ne sont jamais identiques. De plus, les agents responsables de cette variation sont si nombreux et si complexes qu'on n'a même pas la certitude de les identifier tous et, encore moins, de les contrôler. Il est également impossible dans la plupart des cas d'en choisir un petit nombre dont le contrôle et la mesure réduiraient suffisamment la variation pour annuler pratiquement

les autres. Il faut donc faire face à la situation et reconnaître qu'en biologie les possibilités d'erreur sont constamment changeantes, à peu près impossibles à contrôler et loin d'être négligeables. De sorte qu'en recherchant les effets d'un traitement, d'une transformation ou d'une différence quelconque, il faut toujours se demander s'il n'existe pas une autre cause de variation, peut-être passée inaperçue ou tout au moins incontrôlée, qui causerait une confusion. Dans la mesure d'un phénomène également, on ne peut être sûr à quel point l'erreur affectera les résultats. Autrement dit, la validité de nos connaissances doit être toujours débattue, car les faits ne se répéteront jamais exactement. Dans ces conditions sommes-nous aussi justifiés de rechercher un élément commun aux situations variées qui se présentent ?

Par le passé, les biologistes ont cherché à appliquer une méthode qui a donné d'excellents résultats en physique et en chimie, celle qui consiste à constater ou introduire une ou plusieurs différences dont les effets sont clairement reconnaissables. Ce procédé est satisfaisant dans les cas simples, mais en tant que méthode, il a une portée limitée pour deux raisons: Il nous empêche de tenir compte des nombreux facteurs dont les conséquences, quoiqu'importantes, n'excèdent peut-être pas celles des autres réunis; de toute façon, la variation fortuite, bien qu'insuffisante pour masquer un effet évident, peut très bien encore être assez grande pour rendre incertaine la mesure d'un rapport quelconque.

La façon classique de surmonter ces difficultés est de chercher à réduire la variation fortuite en standardisant à la fois l'organisme et le milieu où il est élevé et soumis à l'observation, rendant ainsi la situation aussi proche que possible de celle que la méthode peut résoudre. Là encore deux difficultés se présentent. En premier lieu la tâche d'exposer et de contrôler les causes de variations fortuites est impossible. Un grand nombre des facteurs qui affectent la mouche dans le bocal d'élevage ou la plante dans le sol sont faciles à voir et nous pouvons réduire la variation fortuite en les contrôlant, mais il y en a trop d'autres inconnus pour rendre cette dernière négligeable. Faut-il attendre de les connaître tous ? Et même alors, serait-il humainement possible d'exécuter une expérience exigeant leur contrôle à tous sans charger d'ailleurs excessivement le budget du laboratoire ? Ne l'oublions pas, il reste encore à prouver que les organismes et leur développement se prêtent à la standardisation par une intervention extérieure. Il se peut que certains phénomènes intracellulaires agissent sur le développement et que nous ne puissions pas les contrôler effectivement sans risque d'affecter celui-ci brutalement.

Le second problème est plus sérieux encore. A supposer même que toutes ces conditions soient réalisables et que nous sachions produire un organisme standard, quel fondement nous offrirait-il pour la généralisation ? Dans quelle mesure les propriétés d'une mouche ou d'une moisissure standard représentent-elles celles de toutes les mouches ou moisissures, même d'une seule race ou espèce ? Les biologistes connaissent bien le hasard d'une telle supposition.

Au lieu de chercher à rendre la variation fortuite négligeable, il semble donc préférable de l'accepter comme inévitable et de diriger nos efforts vers une méthode d'expérimentation telle que sa présence n'influencera pas nos conclusions. Essayons de découvrir la façon de procéder à l'aide d'un simple exemple: la stature humaine.

A première vue, il semble impossible de fixer la taille de l'homme. Et pourtant la question a un sens, car, bien qu'on ne puisse y répondre par un simple chiffre, nous sommes d'accord que des sujets mesurant 15 cm ou 3,50 m ne peuvent être humains. Même des statures de 90 cm ou de 2,50 m nous surprendraient, bien que nous acceptions l'idée qu'elles se rencontrent parfois. Donc, en dépit d'une certaine fluctuation, la variation est limitée et les extrêmes sont rares à l'intérieur de ces limites ou, si l'on veut, plutôt improbables. On peut donc essayer de décrire et de codifier cette variation. En résumé, il semble que nous devions relier la stature humaine non pas à un simple chiffre mais à la distribution de fréquence des tailles nous donnant le pourcentage d'individus tombant dans telle ou telle catégorie ou, inversement, évaluant la probabilité pour un sujet pris au hasard de tomber dans une portion donnée de l'échelle. La distribution de la fréquence remplace le chiffre unique quand il s'agit de phénomènes variables et l'on procède en calculant les paramètres nécessaires à définir la distribution intéressée. Ils sont, naturellement, dans le cas de la stature humaine, qui suit assez bien la courbe dite normale, au nombre de deux, à savoir: la valeur moyenne et l'écart type (figure 1).

Connaissant la distribution de la fréquence, on peut poursuivre. Supposons donc que nous fassions subir un traitement à un ou plusieurs des individus en observation — tel qu'un meilleur régime alimentaire ou que nous les choisissions d'après leur type génétique — et examinions ensuite leur stature. La courbe de distribution nous indique la probabilité de cette taille chez des

hommes pris au hasard dans une population non-traitée, ce qui nous met en mesure de juger de l'efficacité du traitement. La conclusion est incertaine. Il est toujours possible que l'effet apparent soit le résultat de la variation normale de taille, bien que nous connaissions le degré de probabilité de cette occurence. Mais nous pouvons mesurer notre incertitude, ce qui nous permet d'évaluer l'importance de nos constatations et d'en tirer des conclusions rigoureuses sur leurs causes et à leur sujet en général.

Ceci s'applique également au stade suivant, lorsqu'on cherche à mesurer un effet découvert de la façon indiquée. Toute mesure est incertaine à cause de la variation fortuite possible, mais quand on dispose de courbes de distribution, on peut alors calculer et annexer aux résultats une mesure de leur incertitude sous la forme de ce qu'on appelle une erreur standard probable. Nous ignorons peut-être la dose x de bactéricide nécessaire pour détruire 90% des bactéries; mais nous savons qu'il y a 9,5 chances sur dix pour qu'elle se situe entre les limites $x - e_1$ et $x + e_1$, et 9,9 chances entre $x - e_2$ et $x + e_2$. Les réponses ne sont pas simples, mais elles sont rigoureuses et renseignent suffisamment.

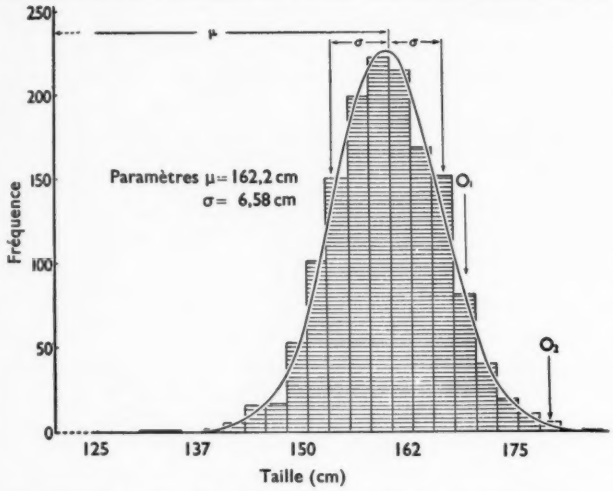


FIGURE 1 – *Distribution de la fréquence des tailles chez la femme. L'histogramme montre la fréquence (en ordonnée) des diverses tailles groupées en cm (à l'abscisse) trouvées chez 1456 femmes. La courbe représente la distribution normale de la taille féminine dans la population dont ces femmes sont considérées comme un échantillon. La distribution normale est caractérisée par deux paramètres; la moyenne, μ, qui donne la stature moyenne, et l'écart probable, σ, qui, étant la distance de la moyenne aux points d'inclinaison maximum de la courbe, mesure la variation représentée par l'envergure de la courbe. Les valeurs données aux paramètres ont été suggérées par l'expérience. Une taille de 1,71 m (O_1 dans la figure) est chose assez commune dans la population en question pour que sa présence chez un individu n'ait aucune signification particulière. Une taille de 1,82 m (O_2) est, cependant, si rare et si peu probable que, paraissant chez un individu à la suite d'un traitement, on en conclurait normalement que celui-ci a été efficace.*

Ainsi, quand la variation menace nos observations, comme c'est presque toujours le cas en biologie, les conclusions ne peuvent être que probables et les méthodes statistiques. Avec des connaissances suffisantes dans ce dernier domaine, nous pouvons cependant expérimenter, analyser et raisonner quantitativement. L'étude du hasard et des probabilités n'est pas une nouveauté en mathématiques: elle remonte à Laplace et même avant lui. Quelle est donc la cause du retard de la statistique particulière requise en biométrie ? Arrêtons-nous un instant à cette question, car la réponse éclaire un aspect nouveau et très important de cette étude.

Les mathématiques statistiques sortirent de la discussion des jeux de hasard, jeux où un dispositif particulier rendait les résultats incertains. Celui-ci permettait toutefois certaines hypothèses car, bien qu'il fût impossible de prévoir le résultat d'un jeu quelconque, on pouvait les cataloguer pour un grand nombre de cas et calculer leur fréquence. Un dé qui roule peut s'arrêter sur n'importe laquelle de ses faces, mais s'il est «franc», nous savons qu'1/6e des résultats sera 1, 1/6e 2 et ainsi de suite. Ce genre de statistique est déductif: connaissant les propriétés du dispositif employé, on en tire des conclusions statistiques. La statistique déductive a donc rendu et rend encore de grands services en science. La théorie cinétique des gaz, par exemple, demande un traitement statistique de ce genre, de même la génétique. Mais ce n'est pas la statistique déductive qui manquait le plus au biologiste. Son problème était plutôt l'inverse. Etant donné certaines conséquences observables, il voulait arriver à des conclusions sur le dispositif lui-même par des méthodes inductives et il ne disposait très souvent pour atteindre ce but que d'un nombre nécessairement limité de constatations. C'était la statistique inductive dont l'expérimentateur avait besoin.

Francis Galton à la fin du siècle dernier fut le premier à sentir la nécessité d'un effort constructif dans cette voie. Il incita l'intérêt puissant qui porta les fruits dont nous bénéficions maintenant. Puis en 1908, un chimiste, «Student» (W. S. Gosset), fit le premier pas dans la direction permettant

d'atteindre des conclusions rigoureuses dans le domaine de l'induction incertaine, en calculant ce qu'on nomme de nos jours la distribution *t*, qui donne l'exacte relation entre les quantités observées et les erreurs-types estimatives qui y correspondent. Mais ce fut en définitive Sir Ronald Fisher qui découvrit et formula les principes à la base de la statistique inductive que nous connaissons. Il établit ses fondements logiques, son ossature mathématique et ses méthodes analytiques et nous montra que la première chose à faire est d'obtenir une estimation valable de la variation fortuite où l'on puisse inclure l'effet de tout facteur, identifiable ou non. Il nous a montré aussi comment réduire la variation fortuite sans gêner son estimation. En fait, nous avons là une branche nouvelle des mathématiques, orientée vers la conception et l'analyse des expériences du point de vue inductif. Le biologiste est rarement à même de comprendre le fondement mathématique de ces méthodes, mais il connaît leur valeur et les utilise de plus en plus chaque année, et ce faisant, il crée de nouveaux problèmes pour le statisticien.

Cette nouvelle statistique sert maintenant dans les sciences anciennes toutes les fois qu'elles ont affaire à des phénomènes variables. Elle a trouvé des applications nombreuses en mécanique — dans le contrôle de la qualité, par exemple — et a joué un rôle pendant la guerre dans la prévision stratégique. Née des besoins de la biométrie, branche de la biologie, impossible sans statistique inductive, elle a prouvé sa valeur, même dans les sciences au progrès desquelles elle n'était pas indispensable. Ayant reconnu, une fois pour toutes, les principes sur lesquels les conclusions inductives sont forcément fondées, nous possédons un moyen d'attaque plus général et capable de résoudre une variété plus grande de situations: plus général parce que la méthode ancienne en est seulement un cas particulier où la variation fortuite peut être presque annulée.

La statistique inductive représente en somme les mathématiques de l'expérience et complète utilement à ce titre les mathématiques déductives dont les principes nous sont familiers et sur lesquels nous bâtissons depuis Euclide. Comme Fisher l'indiquait en 1948, nous commençons à faire preuve de réflexion constructive en ce qui concerne les phénomènes variables et à aiguiser et préciser les formes de pensée nécessaires. L'importance de ces dernières dépasse la recherche expérimentale, car elles sont essentielles à quiconque doit comprendre, guider ou diriger tout phénomène de ce genre, y-compris la société humaine.

BIBLIOGRAPHIE

FISHER, R. A. *Biometrics*, 4, 217, 1948.

Illustration ornithologique

W. B. ALEXANDER

L'oiseau a été de tous temps le modèle préféré des peintres et dessinateurs animaliers et certaines œuvres valent autant pour leur exactitude biologique que pour leur mérite artistique. Certains artistes ont en outre rendu de grands services à la science en fixant les formes et les couleurs d'espèces aujourd'hui disparues. L'article qui suit donne un bref aperçu des principaux illustrateurs d'ouvrages sur les oiseaux.

Dans les premières œuvres artistiques des hommes, les peintures sur roc du Paléolithique du sud de la France et de l'Espagne, les représentations d'oiseaux sont peu nombreuses. Ce n'est guère surprenant car il est à peu près certain que les premières images servaient surtout à des fins magiques. Ce sont de grands Mammifères: mammouths, rhinocéros et bisons, qui sont le plus souvent représentés sur les murs des grottes; parfois l'on trouve de grands oiseaux: grues, hérons et cigognes.

Une scène remarquable de la grotte de Lascaux, récemment découverte, montre un bison transpercé d'un épieu et devant lui le cadavre d'un homme ayant à ses côtés son «lance-épieu» et son bâton de commandement. L'homme a une tête d'oiseau et un oiseau orne le sommet du bâton. Nul doute que ce ne soit un chef ou un grand-prêtre d'un totem-oiseau: ainsi, dès le Paléolithique, les oiseaux étaient associés à des pratiques magiques. Les esquisses d'oiseaux trouvées en Espagne du sud, dans la grotte de Tajo Segura, sont attribuées au Néolithique; toutes celles qui sont reconnaissables montrent des oiseaux que l'on trouve encore de nos jours dans la région, comme de grandes outardes, des corbeaux, des spatules, des flamants et des poules d'eau pourpres.

Les premières peintures d'oiseaux réellement artistiques sont celles que l'on voit dans les fresques des tombes égyptiennes. Selon R. E. Moreau, l'œuvre la plus ancienne est de loin la meilleure aussi bien pour la ressemblance que pour l'exécution; à partir de la cinquième dynastie, la valeur décline (2500 avant J.-C.). «A son apogée, la représentation des oiseaux en Egypte ancienne est très bonne, et jusqu'au XIXe siècle de notre ère, 4500 ans plus tard, rien ne pouvait l'égaler dans les civilisations occidentales». Moreau considère que 45 espèces d'oiseaux sont identifiables. Dans les reliefs non-coloriés, seule une espèce aux lignes très caractéristiques peut être identifiée. Lorsque la couleur vint en faveur, elle était rarement exacte soit parce que l'on ne trouvait encore que bien peu de coloris, soit parce que les couleurs étaient volontairement changées et harmonisées au coloris général de la peinture.

Une fresque de Knossos à l'Ashmolean Museum d'Oxford montre des perdrix et des huppes grecques que les artistes de Mycène ont peintes avec un talent au moins égal à celui des peintres de l'ancienne Egypte. La période classique grecque ne mit cependant pas en honneur les portraits d'oiseaux. A l'époque romaine ils étaient plus fréquemment représentés mais en mosaïque, ce n'était guère un milieu favorable à la véracité des détails. Les peintures murales des villas de Pompéi montrent de nombreux oiseaux brillamment colorés.

Au Moyen Age, pour l'enluminure des manuscrits, particulièrement pour ceux traitant de la fauconnerie, on utilisait fréquemment de petites peintures d'oiseaux. Quelques copies du traité de fauconnerie de l'Empereur Frédéric II (1194–1250) offrent de nombreuses illustrations marginales en couleurs de nombreuses espèces. De plus dans les sciences médiévales, certains oiseaux avaient des attributs légendaires, aussi figurent-ils dans les peintures religieuses. Le chardonneret est le plus représenté, il apparaît par exemple dans la *Madonna del Cardellino* de Raphaël.

Plus tard les bourgeois hollandais aimant élever les oiseaux exotiques, ceux-ci servirent tout naturellement de sujets aux peintres Flamands et Hollandais contemporains; c'est par leurs peintures que nous connaissons l'aspect du «Dodo» aujourd'hui disparu.

La découverte de l'imprimerie au XVe siècle, conduisit aussitôt à la préparation des gravures sur bois pour l'illustration des livres d'Histoire Naturelle. Deux traités sur tous les oiseaux connus, illustrés de gravures, parurent simultanément en 1555: celui de P. Belon à Paris et celui de K. Gesner à Zurich. De 1599 à 1603 parut à Bologne un traité semblable mais bien plus complet, fait

FIGURE 1 – *Duc de Virginie* (Bubo virginianus), *d'après Audubon* «Birds of America», 1827–38.

FIGURE 2 – *Martin-Pêcheur bariolé* (Ceryle mais), *attaquant une genette. D'après un bas-relief du tombeau de Ti Saqqara, Egypte.*

par U. Aldrovandi. Les illustrations de ces ouvrages sont de valeurs très différentes mais la plupart d'entre elles sont très primitives.

Beaucoup plus tard, les gravures sur bois furent utilisées par Thomas Bewick pour illustrer son *History of British Birds*, mais la renommée de cet ouvrage était due beaucoup moins aux peintures des oiseaux qu'aux remarquables petites scènes que représentent les vignettes. Des gravures de A. Fussell illustraient le livre de W. Yarrell *History of British Birds* qui resta pendant longtemps le travail classique sur la question; mais à notre avis les gravures d'oiseaux les plus belles sont celles de J. Wolf gravées par C. Whymper illustrant les premières éditions du traité de C. A. Johns *British Birds in their Haunts.*

A part quelques exceptions, la gravure sur cuivre remplaça bientôt la gravure sur bois pour l'illustration des ouvrages sérieux d'ornithologie. L'un des premiers livres sur les oiseaux, illustrés par ce procédé, fut l'*Uccelliera* de G. P. Olina publié à Rome en 1622.

Aux XVIIe et XVIIIe siècles, les cabinets d'Histoire Naturelle contenant des spécimens provenant de toutes les parties du monde furent très à la mode. Comme les méthodes de conservation des peaux d'oiseaux étaient mauvaises, ceux-ci y étaient généralement représentés par des gravures. Pour enrichir ces cabinets les Naturalistes voyageaient au loin; à leur retour certains publiaient des récits illustrés de leurs voyages; dans ces travaux, les oiseaux tiennent une large place. L'ouvrage de Mark Catesby *Natural History of Carolina, Florida and the Bahama Islands* (Londres, 1731–43), contient quelques-uns des premiers dessins en couleurs des oiseaux d'Amérique du Nord. Un autre ouvrage important «Histoire Naturelle des Oiseaux d'Afrique» de François Levaillant (Paris 1796–1808) contient des planches coloriées de nombreux oiseaux sud-africains et de quelques autres originaires d'autres parties du monde. Auparavant, Buffon avait organisé un travail d'ensemble pour publier des illustrations d'animaux, principalement d'oiseaux, visant à représenter toutes les espèces connues. Plus de 80 artistes français exécutèrent les planches, dont 1008 furent publiées entre 1765 et 1786. Temminck et Laugier de Chartreuse publièrent entre 1820 et 1839 un supplément à ces «Planches enluminées de Buffon» contenant des illustrations de plus de 600 espèces.

Seuls les grandes bibliothèques et des mécènes très riches pouvaient apporter les subsides nécessaires à la réalisation de tels ouvrages. Aussi, la plupart des derniers folios avec planches en couleurs traitent-ils des oiseaux d'une région déterminée ou d'une famille donnée, le plus souvent celles groupant des oiseaux au plumage particulièrement coloré: par exemple, les «Perroquets» de Levaillant illustrés par Barraband (1801–5), et les peintures d'Edward Lear (1832).

Parmi les livres traitant des oiseaux d'une région, ceux consacrés aux oiseaux de Grande-Bretagne sont les plus nombreux. Les premières planches de valeur artistique furent celles de P. J. Selby *Illustrations of British Ornithology* (1821–34). Les textes s'y rapportant parurent en 1833. La grande taille de ces planches permettait la représentation en grandeur naturelle de presque tous les oiseaux.

En 1826, arrivait à Edimbourg, avec ses peintures d'oiseaux d'Amérique le franco-américain J. J. Audubon, et Lizars, qui avait publié les illustrations de Selby accepta de les faire paraître. Le très grand format grand-aigle des planches permettant la reproduction grandeur naturelle des peintures, et la publication séparée du texte étaient conformes aux principes déjà adoptés pour le travail de Selby. Vu la difficulté de trouver suffisamment de coloristes à Edimbourg, Lizars dut arrêter le travail au bout de quelques mois et la plupart des planches furent par la suite éditées par Havill à Londres.

Audubon écrivait lui-même que la supériorité de ses dessins «réside dans la véracité des proportions et des lignes, dans la variété et la réalité des

FIGURE 3 – *Canard sauvage* (Anas platyrhynchos), du *tombeau de Tehuti Hetep, Egypte.*

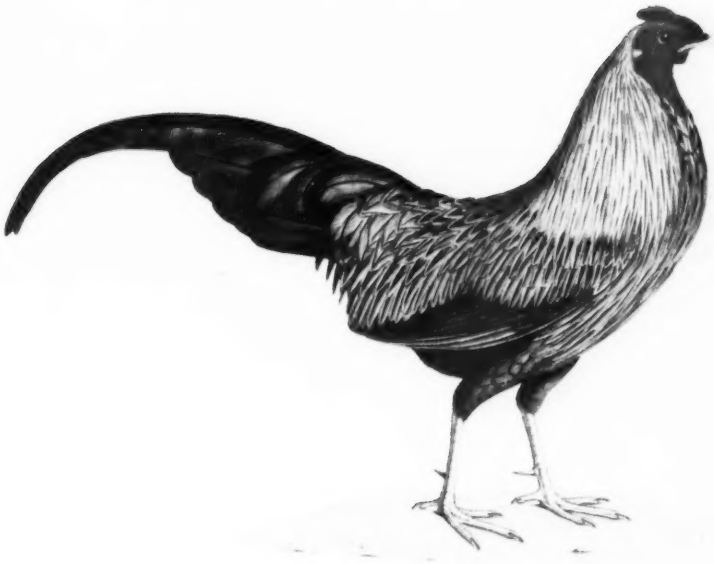


FIGURE 4 – *Coq de jungle de Ceylan* (Gallus lafayetii), *d'après Des Murs «Iconographie Ornithologique»*, 1849.

FIGURE 5 – *Chouette de Tengmalm* (Aegolius funereus), *d'après une peinture de J. Wolf (datée* 1867) *en possession de l'auteur.*

FIGURE 6 – *Ibis rouge* (Guera rubia), *d'après la version de Seligmann de la planche de l'ouvrage de Catesby* «Natural History of Carolina, Florida, and The Bahama Islands», 1731–43.

FIGURE 7 (*à gauche*) – *Ara à ailes vertes* (Ara chloroptera), *d'après Lear* «Illustrations of Parrots», 1832.

FIGURE 8 (*à droite*) – *Oiseau de Paradis rouge* (Uranornis ruber), *d'après Levaillant «Histoire des Oiseaux de Paradis», Vol. I*, 1806.

FIGURE 9 – *Canard mandarin* (Dendronessa galericulata), *d'après Gould* «Birds of Asia», 1850–83.

FIGURE 10 – *Tête de Bateleur* (Terathopius ecaudatus), *d'après une peinture de Fuertes reproduite dans* «Artist and Naturalist in Ethiopia» *de L. A. Fuertes et W. H. Osgood. (Reproduit grâce à l'amabilité du Muséum d'Histoire Naturelle de Chicago et de Doubleday, Doran and Company.)*

FIGURE 11 – *Outarde barbue* (Otis tarda), *d'après Selby* «Illustrations of British Ornithology», 1821–34.

FIGURE 12 – *Paon* (Pavo cristatus), *d'après Belon «Nature des Oiseaux»*, 1555.

FIGURE 13 – *Sansonnet* (Sturnus vulgaris), *d'après Olina* «Uccelliera», 1684.

FIGURE 14 – *Bécasse* (Scolopax rusticola), *dessinée par J. Wolf et gravée par C. Whymper, tirée de Johns* «British Birds in their Haunts», 1899.

attitudes. . . . L'auteur ne s'est pas contenté, comme d'autres, de vues prises sous un seul angle mais, dans de très nombreux cas, il a groupé ses figures de façon à représenter les oiseaux dans leurs attitudes naturelles, il les a placés sur des branches d'arbres garnies de feuillage, de fleurs et de fruits, ou parmi de nombreuses espèces de plantes. Quelques-uns poursuivent leurs proies à travers les airs, cherchent leur nourriture parmi les feuilles et l'herbage, se reposent dans leurs nids ou nourrissent leurs petits, tandis que d'autres nagent, pataugent ou plongent dans leur élément naturel».

Ceci nous semble représenter fidèlement les qualités de ce grand travail qui inaugurait une nouvelle époque dans l'illustration des oiseaux. L'élément dramatique de la plupart de ces peintures offrait et offre toujours de l'attrait au public, mais de l'avis de presque tous les ornithologistes, les dessins représentent souvent des positions que les oiseaux ne pourraient maintenir assez longtemps pour qu'elles soient observables. Ceci soulève la question de savoir s'il est légitime en art de représenter des attitudes fugaces afin de rendre le sujet plus vivant ou s'il ne s'agirait pas plutôt d'une sorte de caricature. Les planches des oiseaux d'Amérique d'Audubon furent publiées à Londres de 1828 à 1838 et le texte, intitulé *Ornithological Biography*, parut en cinq volumes de 1831 à 1839.

Alors que la publication du travail d'Audubon était en cours John Gould commença celle d'une longue série d'ouvrages sur les oiseaux, illustrés de planches en couleurs. La majorité des planches étaient dessinées d'après les dépouilles et représentaient des oiseaux que l'artiste n'avait pas observés vivants; c'est le cas de ses monographies sur le toucan (1834), les trogons (1838), la caille américaine (1844–50) et les oiseaux-mouches (1849–61) et de ses livres sur les oiseaux de l'Himalaya (1832), d'Asie (1850–83) et de la Nouvelle-Guinée (1875–88). A la suite d'un projet de livre sur les oiseaux d'Australie il décida d'aller dans cette contrée pour les étudier sur place, il y passa deux ans avec sa femme (1838–40). Son livre sur les oiseaux d'Australie (1840–8) est certainement le plus important de ses ouvrages. Plus tard, il fit un livre intitulé *Birds of Great Britain* (1862–73) pour lequel cependant il se fit aider par d'autres artistes.

L'un de ceux-ci était Joseph Wolf (1820–99) dont nous avons déjà parlé des dessins pour gravure sur bois. Wolf était le fils aîné d'un fermier de la Prusse Rhénane. Dans son jeune âge il passa tous ses loisirs à chasser et piéger les oiseaux et autres animaux pour les dessiner, et il se rendit compte qu'il était nécessaire d'étudier sérieusement leur anatomie pour donner de la vie à ses dessins. A 16 ans, il persuada son père de le placer comme apprenti chez un lithographe de Coblence; après son apprentissage il retourna chez ses parents et

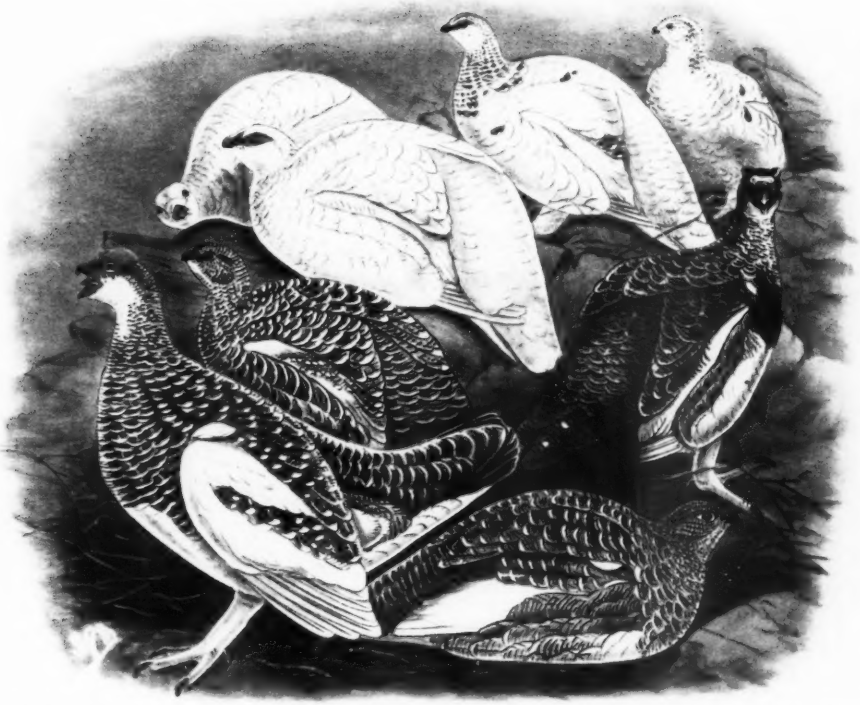


FIGURE 15 – *Lagopède* (Lagopus mutus), *d'après Millais «Game Birds and Shooting-Sketches»*, 1892.

FIGURE 16 – *Geai* (Garrulus glandarius), *d'après une peinture de B. Liljefors* (*datée* 1886). (*Reproduit grâce à l'amabilité de M. N. E. Nilsson, Stockholm.*)

FIGURE 17 – *Aigle à tête blanche* (Haliaëtus leucocephalus), *d'après une peinture de Allan Brooks. (Reproduit grâce à l'amabilité de Mrs. M. Meiklejohn, Holt, Norfolk.)*

FIGURE 18 – *Pinson des monts* (Fringilla montifringilla), *d'après un croquis de A. Thorburn en possession de l'Institut Edward Grey d'Ornithologie, Oxford.*

passa toute une année à peindre, exécutant notamment une série de miniatures d'oiseaux à l'aquarelle. Emportant celles-ci, il s'en fut à Francfort, où il montra ses dessins au Dr. Ruppell qui reconnut leur valeur et l'engagea pour dessiner les illustrations de son livre en préparation *Atlas zu der Reise im nördlichen Afrika.* Puis il gagna Darmstadt et sur la recommandation de Ruppell montra ses peintures d'oiseaux au Dr. Kaup, directeur du Muséum. Kaup les montra au Professeur Schlegel et Wolf fut engagé pour dessiner les illustrations du grand traité de Fauconnerie de Schlegel et Wulverhorst publié de 1844 à 1853. A partir de ce moment il eut beaucoup de travail: il peignit et lithograva des oiseaux, surtout des oiseaux de proie pour différents ouvrages. En 1847, il gagna Anvers et l'année suivante se rendit à Londres. Il y devint bientôt le grand peintre animalier et obtint amplement du travail comme illustrateur d'articles scientifiques paraissant dans les périodiques et traités de Zoologie et d'Ornithologie. A notre avis il dépassait de loin tous les peintres d'oiseaux précédents et il est resté inégalé dans l'art de rendre les oiseaux vivants.

Les plus récents peintres d'oiseaux (mis à part ceux qui sont encore vivants) dont le travail approche ou égale celui de Wolf sont Archibald Thorburn, J. G. Millais, Louis Agassiz Fuertes, Allan Brooks et Bruno Liljefors.

Archibald Thorburn (1860–1935) était le cinquième fils de Robert Thorburn, le plus fameux miniaturiste de son temps. Il commença par peindre des fleurs et dans beaucoup de ses peintures d'oiseaux la beauté et la délicatesse des fleurs environnantes révèlent le talent du miniaturiste. Sa première commande importante fut de compléter les planches des *Coloured Figures of the Birds of the British Isles* de Lord Lilford, lorsque J. G. Keulemans dut s'interrompre par suite de sa mauvaise santé. Thorburn visita fréquemment Lilford Hall où les volières contenaient la plupart des oiseaux à peindre et l'on sait par sa correspondance qu'il profita beaucoup des critiques de son employeur. La critique principale que l'on puisse peut-être faire de son œuvre est qu'il peignait toujours des oiseaux au plumage parfait et dans leurs plus brillantes couleurs; ils paraissaient ainsi plus brillants qu'ils ne le sont normalement dans la nature.

John Guille Millais (1865–1931) était le quatrième fils de Sir John Millais, président de la *Royal Academy.* Depuis l'enfance sportsman et naturaliste ardent, il chassa et pêcha dans de nombreux pays étrangers et illustra les nombreux livres qu'il

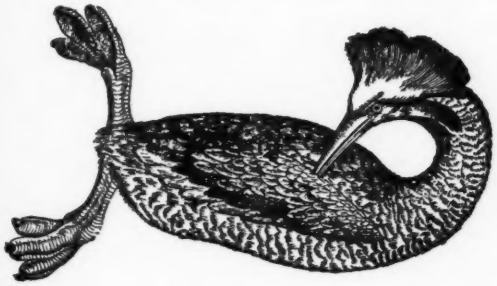


FIGURE 19 – *Grand Grèbe huppé* (Podiceps cristatus), *d'après Gesner* «Historiae Animalium liber III, de Avibus», 1607.

écrivit de dessins vivants et de croquis de paysages, et de scènes animales. Ses principaux ouvrages sur les oiseaux traitent du gibier à plumes et des canards des Iles Britanniques. Il s'intéressa spécialement aux différents plumages, aux mues de ces oiseaux et à leur comportement. Dans son livre *Natural History of British Game Birds* les principales planches en couleurs sont de Thorburn, mais l'auteur peignit lui-même leurs parades nuptiales et autres activités. A notre avis, ces dessins de Millais sont très peu ou même pas du tout, inférieurs à ceux de Thorburn; ils sont certainement plus vivants.

Louis Agassiz Fuertes (1874–1927) est né à Ithaca aux Etats-Unis. Il commença à dessiner des oiseaux sans aucun conseil ni guide. Pendant trente ans, son activité fut stupéfiante. Les livres les plus importants pour lesquels il exécuta de longues séries d'illustrations sont peut-être *Birds of New York* de Eaton (1910) et *Birds of Massachusetts* de Forbush (1925–9), mais il était constamment sollicité pour illustrer des articles de magazines, des brochures, des rapports et des articles scientifiques. Selon l'un de ses biographes: «D'autres artistes et de bons suivirent cette voie, mais ce fut Fuertes qui indique l'idéal à atteindre; par une production abondante il répandit largement le charme et la beauté des oiseaux, non seulement par la véracité des lignes et des couleurs mais aussi par l'expression de caractères insaisissables touchant à la spiritualité». Sa faculté de produire de nouvelles illustrations d'espèces qu'il avait déjà peintes plusieurs fois était sans doute due à son intense enthousiasme pour son sujet et à sa constante étude des oiseaux en liberté. Sa connaissance des oiseaux de l'hémisphère occidental reste inégalée. Il a participé à des expéditions en Alaska, au Canada, au Mexique et en Amérique du Sud, et finalement en Abyssinie; il a parcouru la plus grande partie des Etats-Unis. Les meilleures parties de son œuvre sont peut-être celles de son expédition en Abyssinie publiées après sa mort dans *Abyssinian Birds and Mammals* (1930) et dans *Artist and Naturalist in Ethiopia* (1936).

Allan Brooks (1869–1946), naquit à Etawah (Inde), mais en 1895, s'établit définitivement en Colombie Britannique. Il gagne d'abord sa vie en recueillant des mammifères, des oiseaux et des œufs pour les Muséums et les commerçants et en chassant, l'hiver, les animaux à fourrure; mais à partir de 1904 il est connu comme artiste et dès 1906 il commence à peindre pour Dawson et Bowles les illustrations de *Birds of Washington* publié en 1909.

Il ne semble pas qu'Allan Brooks ait reçu une formation artistique. C'était tout d'abord un naturaliste et il se considérait comme un illustrateur dont le but principal est la véracité de chaque détail. Il a voyagé constamment dans différentes parties du Canada et des Etats-Unis pour se familiariser avec les habitats des différentes espèces qu'il représentait et pour collecter des spécimens à des états différents du plumage. Parmi ses travaux les plus importants on peut citer ses peintures pour *Birds of California* (1923) de Dawson, qu'il avait commencées avant la guerre de 1914–18, et une série complète de tous les oiseaux d'Amérique du Nord accompagnant des articles publiés dans le *National Geographic Magazine* à partir de 1934 et le complément des planches pour *Birds of Massachusetts* de Forbush après la mort de son ami L. A. Fuertes.

Bruno Liljefors, né en Suède vers 1860, vécut en pleine campagne et s'intéressa très vivement à la nature dès ses premières années. Jeune homme, il devient ardent chasseur, mais plus tard il se contente d'observer les animaux et les oiseaux sans les pourchasser. Après quelques années d'études, pendant lesquelles il fut quelques mois l'élève du peintre animalier, Deyker de Düsseldorf, il se marie et s'installe dans une maison de campagne près d'Uppsala. Ses premières peintures représentent le plus souvent des animaux de la forêt et en fournissent des détails très précis. Peu après trente ans, il s'installe dans l'archipel de Stockholm; dans ce nouveau décor, il peint des oiseaux de mer en vol dans un style beaucoup plus impressionniste. L'arrière-plan de presque toutes ses peintures est important, il y représente l'habitat des animaux étudiés; de plus, ces animaux nous sont montrés en pleine action.

Progrès en microscopie métallographique

B. W. MOTT

Après avoir indiqué les perfectionnements apportés au microscope métallographique, l'auteur étudie en détail la technique de l'accentuation des contrastes et celle de l'écran opaque qui ont rendu plus précise l'observation des surfaces métalliques et signale les services rendus dans ce domaine par l'interférométrie. Il passe ensuite au mode d'emploi de la lumière polarisée et ses diverses applications à l'examen des métaux. Pour terminer, un aperçu de l'appareillage qui convient à l'étude des surfaces chaudes.

L'introduction en microscopie optique de techniques nouvelles et les récents développements des anciennes ont mis à la disposition du métallurgiste une mine de renseignements nouveaux. De plus, la microscopie électronique, l'essai de dureté sous faible charge, et l'amélioration des méthodes de préparation des surfaces métallographiques ont apporté leur contribution au progrès. Le présent article décrit quelques-unes des modifications récentes les plus importantes du microscope métallographique et donne des renseignements sur l'utilité des nouvelles techniques.

La disposition essentielle du microscope métallographique est à peu près inchangée et le système d'éclairage qui donne les meilleurs résultats est celui de Greaves et Wrighton [1], schématisé sur la figure 1. Il est nécessaire que les éléments soient mobiles pour pouvoir obtenir les conditions d'éclairage critique. Cette disposition assure l'utilisation totale de l'ouverture de l'objectif par le cône éclairant, tout en évitant l'introduction d'une lumière parasite qui ne participerait pas à la formation de l'image. Le réflecteur vertical, à l'origine une lame de verre ordinaire, a reçu une amélioration; sa surface inférieure est revêtue de sulfure de zinc qui en accroît le pouvoir réflecteur, et la surface supérieure de fluorure de magnésium qui empêche la formation d'une image double. Le pouvoir réflecteur ainsi obtenu est de 20 à 25%, contre 5% environ avec un dispositif à lame de verre simple. On peut atteindre 45–50% avec le réflecteur à prisme de calcite [2], adapté à l'appareil métallographique de Bausch et Lomb. Une autre particularité de la plupart des microscopes métallographiques modernes est une platine rotative; celle-ci est essentielle pour le travail en lumière polarisée, et elle est utile dans d'autres modes d'observation.

TECHNIQUES D'OBSERVATION DE LA TOPOGRAPHIE DE LA SURFACE

Il est souvent possible d'accentuer les contrastes et les détails en diaphragmant l'iris de la lampe, mais ceci nuit à la qualité de l'image. On peut, en utilisant les principes de contraste de phases [3], transformer la différence de phase de la lumière réfléchie à partir de deux aires d'un échantillon situées à des niveaux de surface différant de 200 à 500 Å environ, en différence d'intensité des images. Ce résultat peut s'obtenir au moyen d'un cône lumineux creux issu d'une ouverture annulaire disposée juste en arrière de l'iris; on interpose une lame de phase de dimensions convenables entre le réflecteur vertical et l'oculaire. Cette lame est munie d'un anneau qui avance ou retarde la lumière transmise d'un quart de longueur d'onde par rapport à celle que transmet le reste de la lame, produisant ainsi respectivement les contrastes de phase positif et négatif.

Cette technique sert en métallographie à améliorer la discrimination entre deux phases qui, dans des conditions normales d'éclairement, ne pourraient se différencier qu'à peine en diaphragmant; le dispositif, ainsi que les résultats obtenus, ont été déjà décrits [4–6]. Les figures 3(*a*) et 3(*b*) illustrent cette accentuation du contraste; il s'agit

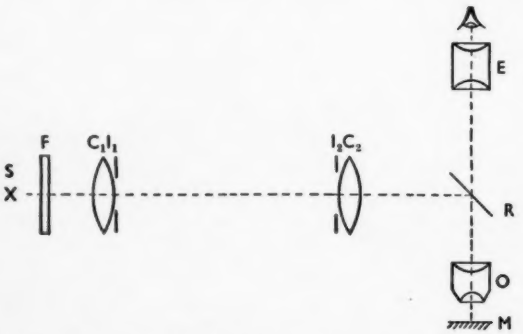


FIGURE 1 – *Disposition du microscope.* S = *source lumineuse;* C_1 *et* C_2 = *lentilles d'entrée et de champ;* I_1 *et* I_2 = *diaphragmes iris d'entrée et de champ;* R = *réflecteur vertical;* O *et* E = *lentilles de l'objectif et de l'oculaire;* M = *échantillon;* F = *filtre à lumière monochromatique.*

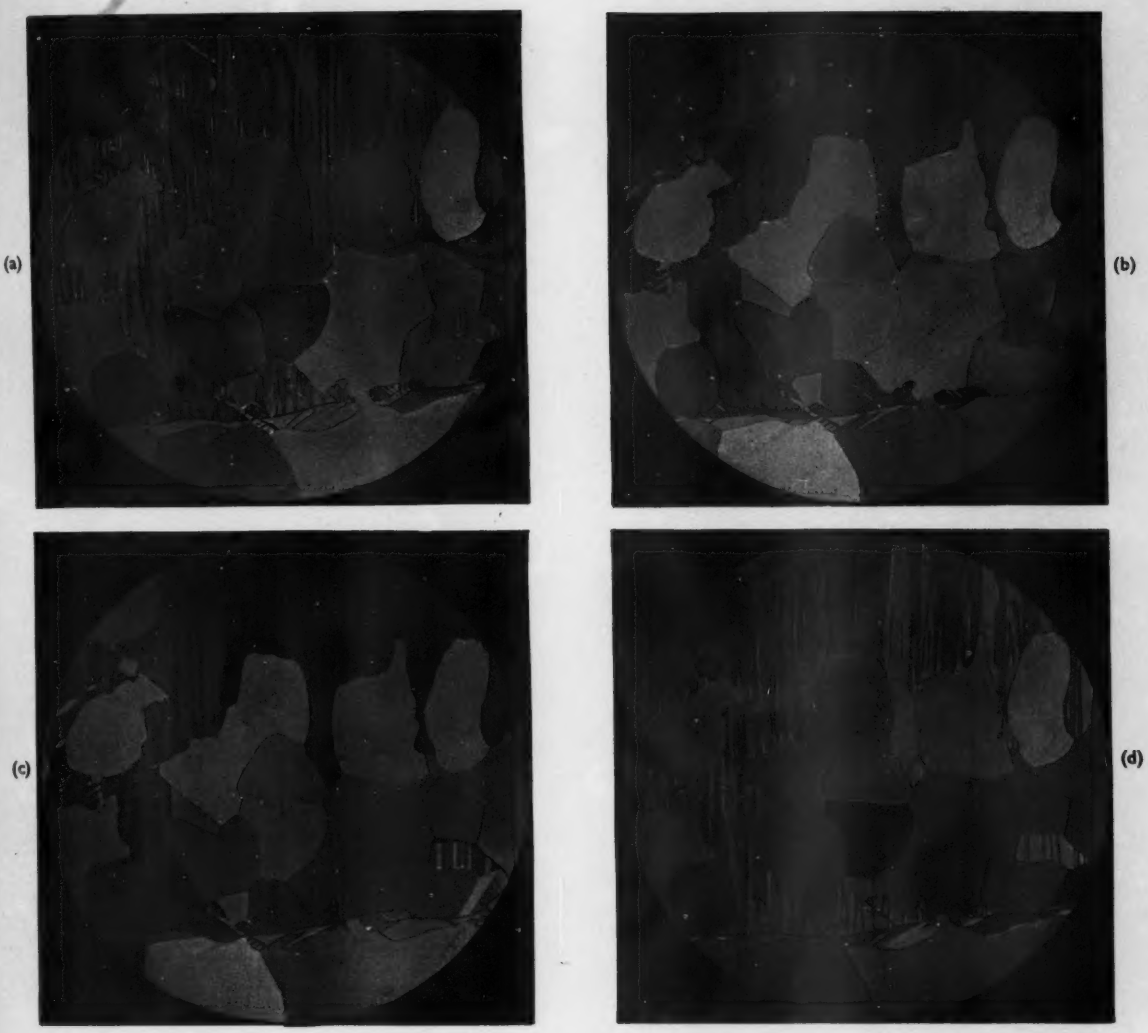
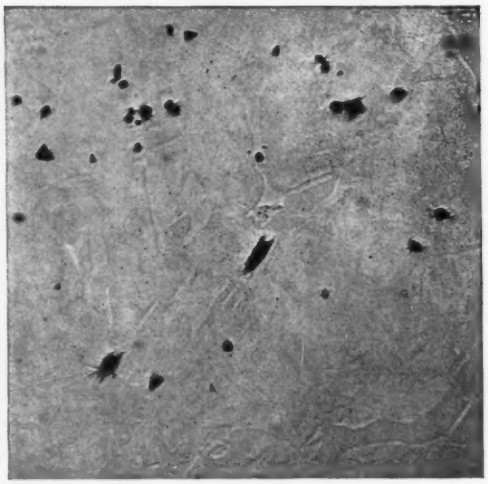


FIGURE 2 – *Rotation du bismuth poli électrolytiquement, entre polariseurs croisés, avec insertion d'une lame à teinte sensible.*

d'un échantillon de fonte au nickel vu respectivement avec et sans l'utilisation du contraste de phase. Cette technique trouve aussi son emploi dans l'étude de la topographie de surface; celle-ci peut se déterminer sans ambiguïté, à condition que les différences des niveaux de surface soient incluses dans les limites mentionnées ci-dessus. Ainsi, les vitesses d'attaque relatives de deux phases peuvent se déterminer en observant laquelle apparaît la plus claire à l'examen. On peut même utiliser cette méthode pour s'assurer si certaines petites taches observées à lumière normale sur une surface préparée sont en réalité des piqûres ou un précipité superficiel légèrement attaqué.

Le fond sombre et l'éclairement oblique sont d'usage courant pour révéler les irrégularités de surface, mais la sensibilité de ces méthodes est considérablement limitée par l'ouverture numérique de l'objectif. Une amélioration récente [7], désignée sous le terme de technique de l'écran opaque, peut servir à déceler les pentes de surface avec une sensibilité bien plus élevée, d'environ 1′ pour un grossissement de 6, et 1° pour 200. Le principe de cette méthode consiste à intercepter les rayons directs et à ne former l'image qu'avec les rayons diffractés. Dans le cas de grossissements très forts,

(a)



(b)

FIGURE 3 (*en haut*) – *L'intérêt principal du microscope à contraste de phase est dans l'accroissement du contraste. Ces deux photomicrographies sont celles d'une fonte au nickel;* (a) *avec contraste de phase,* (b) *en éclairage ordinaire.* (× 250)

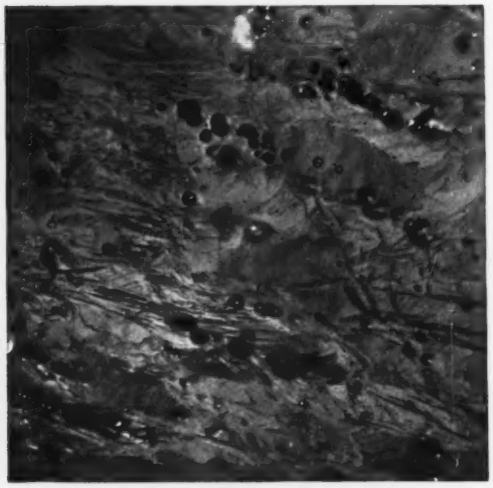
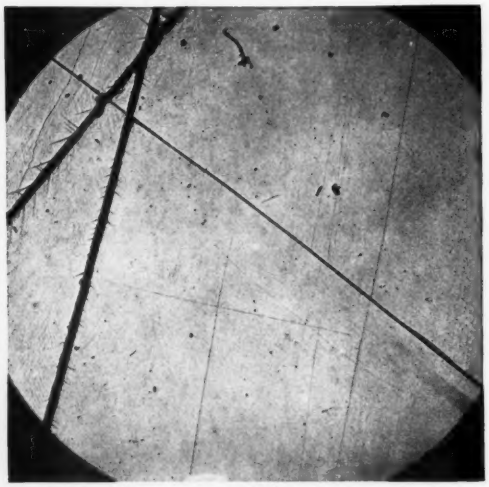


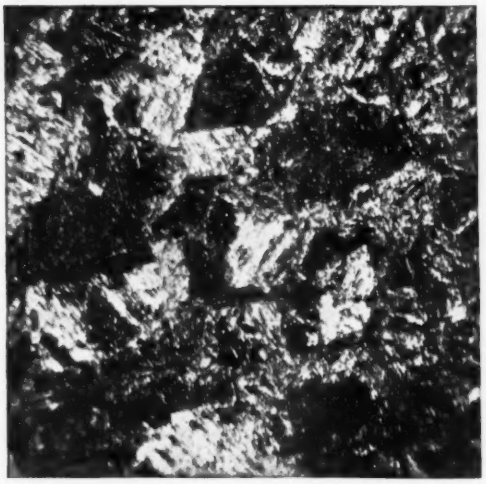
FIGURE 4 (*à gauche*) – *Orientation préférentielle de l'uranium laminé à froid. Lumière polarisée.* (× 125)

FIGURE 5 (*en bas*) – *Déformation de structure associée à la formation de macles dans le zinc;* (a) *avec l'écran opaque,* (b) *en lumière ordinaire* (× 30)

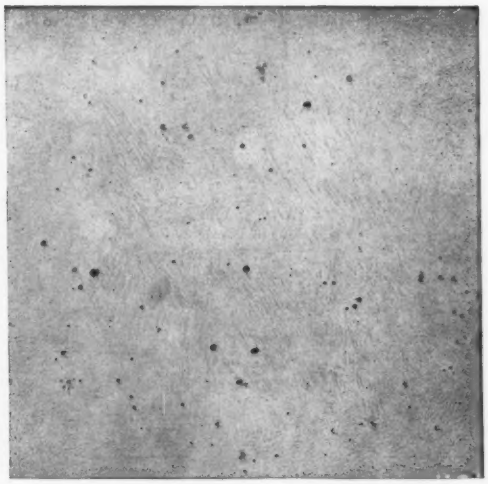
(a)



(b)



(a)



(b)

FIGURE 6 (*en haut*) – *Détermination des dimensions du grain austénitique dans l'acier martensitique;* (a) *en lumière polarisée,* (b) *en lumière ordinaire.* (× 200)

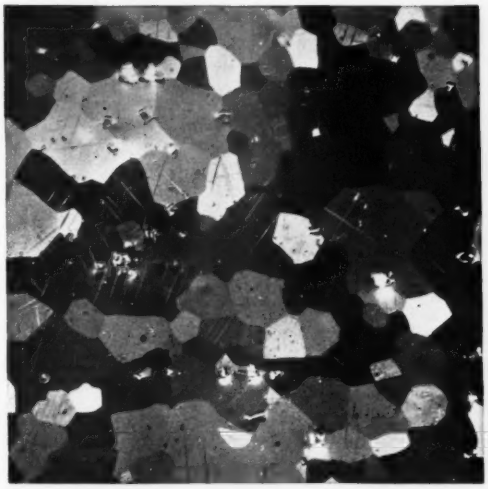
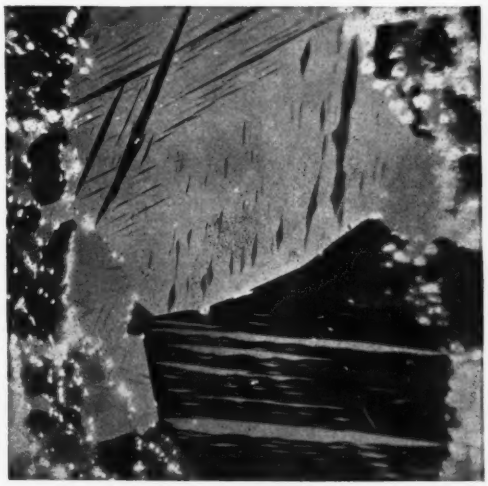


FIGURE 7 (*à droite*) – *Barre d'uranium recristallisé. Lumière polarisée.* (× 250)

FIGURE 8 (*en bas, à gauche*) – *Fines macles dans la poudre de béryllium comprimée à chaud. En lumière polarisée.* (× 250)

FIGURE 9 (*en bas, à droite*) – *Séparation de l'uranium alpha de la phase béta, dans un alliage uranium-chrome. Lumière polarisée.* (× 250)



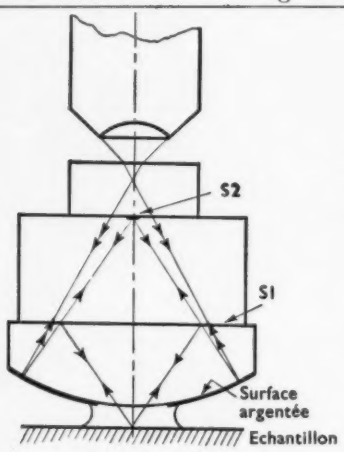


FIGURE 10 – *Microscope interférométrique de Dyson.* S1 = *surface semi-argentée;* S2 = *point argenté.*

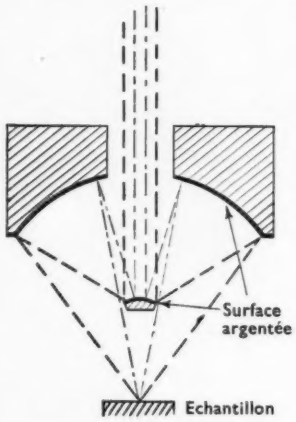


FIGURE 11 – *Objectif réfléchissant de Beck.*

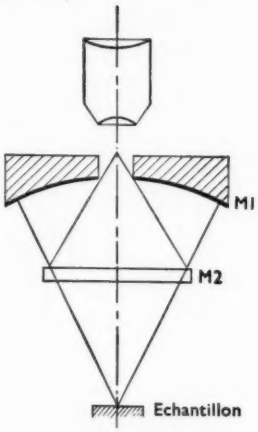


FIGURE 12 – *Dispositif Dyson pour travailler à longue distance.* M1 = *miroir sphérique;* M2 = *miroir semi-argenté.*

le meilleur moyen d'obtenir ce résultat est d'utiliser une ouverture annulaire, comme dans le travail par contraste de phase, en conjonction avec un diaphragme annulaire de dimension appropriée placé entre le réflecteur vertical et l'oculaire. Une autre méthode est la combinaison d'un diaphragme à bords rectilignes avec une source ponctuelle; l'inclinaison se calcule à partir de la distance à laquelle il faut interposer le diaphragme pour éliminer la lumière des deux faces inclinées de l'échantillon. Cette technique est d'un grand secours dans l'étude des mécanismes de déformation par examen des surfaces de clivage, etc.; les figures 5(*a*) et 5(*b*) représentent deux photographies relatives au zinc [8]. La complexité des mouvements qui accompagnent la formation de macles dans le zinc est démontrée par la figure 5 (*a*): technique du diaphragme opaque; tandis que la figure 5(*b*) (même portion de surface, éclairement normal) ne révèle rien de ces mouvements.

La méthode d'interférence à faisceaux multiples [9] permet de déceler des variations de niveaux de l'ordre de 25 Å; on examine les franges d'interférence d'un coin d'air compris entre une lame de verre argentée, optiquement plane et l'échantillon. Tout déplacement des franges sur l'image correspond à une différence de niveaux sur l'échantillon. Bien qu'il soit nécessaire en principe que le faisceau incident soit parallèle, on peut cependant obtenir de bons résultats, dans le cas d'objectifs à faible puissance, sans prendre de précautions particulières à cet égard. Pour illustrer l'application de cette technique, Tolansky [10] étudia les déformations superficielles de surfaces métalliques au voisinage d'indentations produites par un diamant et fut en mesure de rapporter les figures d'interférence observées à la nature des propriétés de rétablissement des différents matériaux. Il se présente deux types de figures. Le dessin est symétrique autour du point d'application pour l'acier isotrope et asymétrique pour l'étain anisotrope. Tolansky a récemment fait part de modifications simples apportées à sa technique originale, telles que l'emploi de pellicules de baume du Canada sur l'échantillon, qui rend possible des observations avec de très forts grossissements [11].

Dyson [12] a inventé un dispositif, représenté sur la figure 10, qui, interposé entre l'objectif et l'échantillon, résoudra des différences de niveaux voisines de 30 Å. La lumière transmise au départ par l'objectif se divise sur une surface semi-argentée *S*1. Une partie de cette lumière est dirigée sur un point argenté *S*2 et une partie sur l'échantillon. Il y a interférence entre les deux faisceaux issus de ces deux points, qui ont suivi des trajets optiques différents, que l'on peut modifier par mouvement axial des lames de verre. Le système produit un certain agrandissement, si bien que l'ouverture numérique de l'objectif se trouve effectivement accrue.

EMPLOI DE LA LUMIÈRE POLARISÉE

Jamin, en 1847 [13] donna un premier aperçu de la théorie de la réflexion de la lumière polarisée rectilignement sur des surfaces anisotropes, et Drude, en 1887 [14] y apporta de nouveaux développements. Il y a seulement quelques années que l'on fait un usage systématique de la lumière

polarisée en métallographie; l'intérêt croissant qu'a suscité son application s'est traduit par bon nombre de publications [15, 16]. Le supplément de matériel que nécessite l'observation visuelle est simple; il comprend un polariseur placé juste en face du réflecteur, et un analyseur entre le réflecteur et l'œil. Un bon polaroïd est préférable aux prismes de Nicol, car il n'y a pas de limite à l'ouverture pour une efficacité complète. La lentille de l'objectif doit être dans la mesure du possible exempte de tension, car celle-ci peut être cause d'anomalies dues à la superposition d'effets de biréfringence, à la polarisation par réflexion sur l'échantillon [17]. L'emploi du réflecteur ou verre à revêtements décrit ci-dessus permet une plus grande uniformité de polarisation dans l'ensemble du champ visuel, que ne le fait une lame de verre simple; l'intensité lumineuse s'accroît aussi de façon appréciable. D'autre part, l'emploi du prisme de Foster [2] se justifie, puisqu'il sert à la fois de polariseur, de réflecteur vertical et d'analyseur. Ce système ne permet pas d'obtenir l'équivalent de la rotation de l'analyseur à partir de la position croisée; mais on peut réaliser une approximation de cette manipulation en interposant une lame quart d'onde entre l'objectif et le réflecteur, pour produire dans le faisceau incident une légère ellipticité.

Dans l'observation entre polariseurs croisés, s'il n'y a pas dans l'appareil d'effets de polarisation parasites, la rotation complète d'un cristal anisotrope unique donne quatre maxima d'intensité égale. La position des maxima et minima d'intensité dépend de l'orientation de la surface réfléchissante, de telle façon que, pour une position donnée de la platine du microscope, les grains d'un échantillon à grains multiples peuvent s'identifier au moyen des différences d'intensité. En faisant tourner la platine, on observe des différences d'orientation et l'on peut repérer entre certaines aires des différences ne dépassant pas 2°. Si l'ellipticité du faisceau réfléchi est assez faible, on peut accentuer les contrastes dans le grain par une légère rotation de l'analyseur à partir de la position croisée; ce qui réduit également le nombre des maxima d'intensité de quatre à deux par rotation de la platine [18]. On peut étudier à la lumière polarisée tous les métaux et alliages anisotropes si on les prépare de façon à éviter tout fluage ou toute autre imperfection [19]; mais il faut faire subir une attaque aux métaux cubiques pour obtenir une lumière réfléchie elliptique, provenant soit d'un film superficiel biréfringent qui présente une épitaxie, ou d'un réseau régulier de piqûres sur lequel la réflexion multiple se produit à incidence oblique [15].

Comme la position de la platine pour l'intensité minima varie avec l'orientation du grain, il est possible d'avoir une idée du degré d'orientation dominante d'un métal en évaluant quelle est la fraction de l'aire d'une section dont l'angle d'extinction est à peu près le même lorsqu'on l'observe entre polariseurs croisés. On voit sur la figure 4 des zones d'orientation dominante sur la section longitudinale d'une barre d'uranium laminé à froid. Dunsmuir [20] a décrit récemment une méthode pour déterminer l'orientation dominante dans la tôle au silicium pour usage magnétique; elle est basée sur l'observation à la lumière polarisée après développement des piqûres par attaque. Woodard [21] a développé avec succès une application quantitative de cette méthode et pris des mesures photométriques des changements d'intensité de la lumière réfléchie au cours de la rotation d'échantillons de métal Monel. Il a démontré qu'à mesure que s'accentue la déformation, les quatre maxima d'intensité s'accentuent aussi, en raison d'un alignement progressif sur l'orientation dominante, mais qu'un métal complètement recristallisé se comporte comme une substance désorientée.

Il existe un test visuel pour l'orientation dominante, applicable aux métaux attaqués qui impriment à la lumière réfléchie une très nette ellipticité: on insère une lame à teinte sensible entre l'illuminateur vertical et l'analyseur. Dans ces conditions, c'est la différence de couleur qui révèle la différence d'ellipticité et comme celle-ci varie avec l'azimuth du plan de polarisation, la couleur d'un grain donné subira une succession continue de changements au cours de la rotation de la platine. Ce n'est que si leurs orientations sont identiques que deux grains présenteront la même succession simultanée de changements de couleur. On voit sur les figures 2(*a*)–(*d*) les changements de couleur d'un échantillon de bismuth poli électrolytiquement au cours d'une rotation effectuée dans ces conditions; il est clair que, bien que pour certaines positions de la platine la couleur des macles se confonde avec celle du grain parent, il devient facile de les distinguer dans la suite de la rotation. Le grain central violet qui reste violet tout le temps de la rotation doit être tel que le plan de l'échantillon soit perpendiculaire à son axe optique, c'est-à-dire à l'axe trigonal principal, ce que confirme la symétrie générale ternaire de son contour.

L'un des traits dominants de l'examen des métaux en lumière polarisée est la possibilité d'examiner des surfaces non polies; on peut alors étudier

des détails ténus susceptibles d'être détruits par l'attaque nécessaire à l'examen par des méthodes plus courantes. On peut ainsi observer les caractéristiques de la recristallisation et de la déformation; cette technique est particulièrement utile pour des métaux tels que l'uranium [22], le béryllium [23] et le zirconium [24–25], pour lesquels les méthodes d'attaque usuelles sont insuffisantes pour révéler de petites différences d'orientation. On voit sur la figure 7 l'illustration des résultats que l'on peut obtenir; elle montre la structure de l'uranium recristallisé qui présente des groupes de grains d'orientation très voisine; la figure 8 montre le fin détail des macles d'une échantillon de poudre de béryllium comprimé à chaud.

Plusieurs chercheurs ont utilisé le traitement anodique [26] pour étudier, dans l'aluminium, les structures consécutives à la déformation et à la recristallisation [27–29]. Mott et Haines [19] ont utilisé la lumière polarisée pour mesurer les dimensions du grain austénitique dans un acier martensitique, ce qui ne peut se faire facilement sur une section attaquée à la lumière ordinaire. On voit nettement l'amélioration du contraste des grains sur les photos 6(*a*) et 6(*b*), prises respectivement avec et sans lumière polarisée.

Pour un alliage multiphasé, il est souvent difficile de distinguer par l'attaque des phases de compositions similaires. Mais, entre polariseurs croisés, il est facile de distinguer entre une phase cubique qui reste éteinte au cours de la rotation de la platine, et une phase anisotrope qui présente une variation d'intensité [19]. S'il y a deux phases anisotropes présentes, on peut les distinguer si le degré d'anisotropie optique diffère suffisamment. Ceci se voit sur la figure 9 qui représente un échantillon d'alliage d'uranium-chrome contenant en solutions solides à la fois de l'uranium alpha et de l'uranium béta [30]. Les contours de l'uranium alpha nettement anisotropes se distinguent facilement de la gangue béta d'anisotropie plus faible. Un cas particulier d'identification de phase est celle d'inclusions non-métalliques dans l'acier et les alliages non-ferreux; grâce à la lumière polarisée on peut être renseigné sur la forme, la couleur de transmission, la symétrie cristalline et les caractéristiques pléo-chroïques [31–33]

EXAMEN MICROSCOPIQUE DES SURFACES MÉTALLIQUES CHAUDES

L'examen des échantillons à température ambiante révèle les détails d'une structure stable dans ces conditions, ou qui, après chauffage, s'est maintenue au refroidissement. Il est très souvent avantageux d'examiner des changements de structure tels que la recristallisation, ou le développement du grain, ou bien les transformations, alors qu'ils s'effectuent à haute température. Plusieurs auteurs ont décrit un appareillage convenant à cette opération [34–37]; il consiste généralement en une chambre où l'échantillon est enfermé sous vide très poussé ou en atmosphère inerte pour réduire l'oxydation, comportant une fenêtre de silice travaillée optiquement à travers laquelle on observe l'échantillon. Un refroidissement approprié des parois de la chambre est nécessaire pour protéger l'objectif dont la distance frontale doit être suffisante pour qu'il ne touche pas la fenêtre de silice. Il y a avantage à utiliser pour ce travail un objectif réfléchissant [38], dont l'ouverture numérique de 0,65 correspond à celle d'un objectif réfringent de 4 mm, et dont la distance frontale est de 14 mm. On a présenté une variante qui comporte deux miroirs sphériques (figure 11). D'autre part, un accessoire combiné [39] permet d'augmenter la distance frontale d'un objectif de 4 mm jusqu'à 13 mm environ. On voit le dessin de cet accessoire sur la figure 12; il comprend un miroir sphérique $M1$ dont le centre de courbure coïncide avec l'objet, et un miroir plan $M2$ semi-argenté, placé à mi-chemin entre $M2$ et l'échantillon, qui renvoie par réflexion l'image dans le plan focal de l'objectif.

Parmi les études menées à hautes températures, on peut citer celles sur l'effet de la fatigue sur la structure de différents métaux [40], sur la recristallisation du cuivre [37], sur la formation de graphite à la surface des aciers hypereutectoïdes chauffés [35], et sur la recristallisation du zinc [41], cette dernière à la lumière polarisée.

CONCLUSION

Il apparaît que le métallographe a désormais à sa disposition de nombreuses techniques nouvelles et qu'il est en mesure de faire des examens de structure beaucoup plus détaillés qu'auparavant. Ainsi, pour l'étude de la topographie de la surface, on peut utiliser à la fois le microscope à interférence et le microscope à écran opaque pour confirmer les observations faites sous illumination par contraste de phases, et pour effectuer des mesures quantitatives. Pour tirer le meilleur parti du microscope, le métallurgiste doit utiliser plusieurs méthodes pour l'examen de ses échantillons. Une combinaison judicieuse des techniques décrites dans cet article peut conduire à une compréhension plus claire des importants processus physiques qu'introduit le traitement thermique et mécanique des métaux.

REMERCIEMENTS

Article publié avec l'autorisation de Sir John Cockcroft, F.R.S., Directeur de l'Atomic Energy Research Establishment, Harwell. L'auteur tient à remercier de leur concours ses collègues, L. Kent, S. D. Ford, et H. R. Haines, qui ont aidé à préparer les illustrations.

BIBLIOGRAPHIE

[1] GREAVES, R. H. et WRIGHTON, H. «Practical Microscopical Metallography». Chapman and Hall Limited, Londres. 1947.
[2] FOSTER, L. V. *J. Opt. Soc. Amer.*, **28**, 124, 1938.
[3] ZERNICKE, F. *Z. tech. Phys.*, **16**, 454, 1935.
[4] CUCKOW, F. S. *J. Iron St. Inst.*, **161**, 1, 1949.
[5] TAYLOR, E. W. *J. R. micr. Soc.*, **69**, 49, 1949.
[6] MCLEAN, D. *Metal Treatm.*, **18**, 51, 1951.
[7] LOMER, W. M. et PRATT, P. L. *J. Inst. Met.*, **80**, 409, 1952.
[8] PRATT, P. L. et PUGH, S. F. *Ibid.*, **80**, 653, 1952.
[9] TOLANSKY, S. «Multiple Beam Interferometry of Surfaces and Films». Oxford University Press, Londres. 1948.
[10] TOLANSKY, S. et NICKOLS, D. G. *Phil. Mag.*, **43**, 410, 1952.
[11] TOLANSKY, S. et OMAR, M. *Nature, Lond.*, **170**, 81, 1952.
[12] DYSON, J. *Ibid.*, **167**, 397, 1951.
[13] JAMIN, P. *Ann. Phys., Lpz.*, **19**, 296, 1847.
[14] DRUDE, P. *Ibid.*, **32**, 584, 1887.
[15] MOTT, B. W. et HAINES, H. R. *Research*, **4**, 24 et 63, 1951.
[16] CONN, G. K. T. et BRADSHAW, F. J. «Polarised Light in Metallography». Butterworth, Londres. 1952.
[17] MOTT, B. W. et HAINES, H. R. *Proc. phys. Soc. Lond.*, B, **66**, 302, 1953.
[18] WOODROW, J., MOTT, B. W., et HAINES, H. R. *Ibid.*, **65**, 603, 1952.
[19] MOTT, B. W. et HAINES, H. R. *J. Inst. Met.*, **80**, 629, 1952.
[20] DUNSMUIR, P. *Brit. J. appl. Phys.*, **3**, 264, 1952.
[21] WOODARD, D. H. *Trans. Amer. Inst. min. (metall.) Engrs*, **185**, 722, 1949.
[22] MOTT, B. W. et HAINES, H. R. *J. Inst. Met.*, **80**, 621, 1952.
[23] HAUSNER, H. H. et PINTO, N. P. *Trans. Amer. Soc. Metals*, **43**, 1052, 1951.
[24] HAUSNER, H. H., KALISH, H. S., et ANGIER, R. P. *J. Metals, Okamoto*, **3**, 625, 1951.
[25] ROTH, H. P., *Metal Progr.*, **58**, 709, 1950.
[26] HONE, A. et PEARSON, E. C. *Ibid.*, **53**, 363, 1948.
[27] MCLEAN, D. et TATE, A. E. L. *Rev. Métall.*, **48**, 765, 1951.
[28] MCLEAN, D. *J. Inst. Met.*, **80**, 507, 1952.
[29] BECK, P. A. et HSUN HU. *J. Metals, Okamoto*, **4**, 83, 1952.
[30] MOTT, B. W. et HAINES, H. R. Travail inédit.
[31] PORTEVIN, A. M. et CASTRO, R. *J. Iron St. Inst.*, **132**, 237, 1935; **134**, 223, 1937.
[32] MORROGH, H. *Ibid.*, **143**, 207, 1941.
[33] American Society for Testing Materials. Special Tech. Publication No. 86, «Symposium on Metallography in Colour». Detroit. 1948.
[34] DEWHIRST, D. W. et OLNEY, M. J. *J. Iron St. Inst.*, **169**, 221, 1951.
[35] SMITH, G. C. et OLNEY, M. J. *Research*, **3**, 194, 1950; **4**, 437, 1951.
[36] FORSYTHE, P. J. E. *J. sci. Instrum.*, **26**, 160, 1949.
[37] MARÉCHAL, J. R. et DOUCET, M. *Rev. Métall.*, **48**, 561, 1951.
[38] BURCH, C. R. *Proc. phys. Soc. Lond.*, **59**, 41, 1947.
[39] DYSON, J. *Proc. phys. Soc. Lond.*, B, **62**, 565, 1949.
[40] FORSYTHE, P. J. E. *J. Ind. Met.*, **80**, 181, 1952.
[41] BRINSON, G. et MOORE, A. T. W. *Ibid.*, **79**, 429, 1951.

Revue des livres

AGRICULTURE

BROWN, A. W. A.: *Insect Control by Chemicals*. Pp. 817. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 100s.

La découverte du DDT il y a une dizaine d'années inaugura une ère de développement sans précédent pour les insecticides organiques synthétiques. Ceux qui s'occupent de la lutte contre les insectes ont maintenant à leur disposition un choix étonnant de produits divers. Mais il faut réfléchir avant de les utiliser. Certains peuvent être toxiques pour les animaux ou les plantes, d'autres laissent peut-être un résidu indésirable sur les denrées traitées. L'insecte lui-même peut avoir acquis une résistance considérable à certains produits et, en agriculture surtout, les considérations économiques sont importantes. Ces problèmes et leur étude ont crû avec le nombre d'insecticides sur le marché et le besoin d'une centralisation quelconque des connaissances accumulées. Félicitons le Professeur Brown d'avoir comblé ce vide avec succès. Son livre est probablement l'étude la plus complète à ce jour des insecticides et des fumigants sous leur triple aspect chimique, pharmacologique et appliqué. La variété des questions est telle depuis, par exemple, les ajutages d'arrosage à la neurophysiologie des arthropodes, qu'on excuse quelques erreurs et points discutables. Citons la définition incorrecte du synergisme à la page 299 et la description inexacte du sulfure de carbone, classé avec l'acide cyanhydrique comme étant «fortement hydrosoluble» (p. 81). Les chapitres I et II sur les propriétés chimiques et la toxicité relativement aux insectes gagneraient à être condensés et présentés sous forme de tables. L'ensemble de la littérature sur la question est très bien traité, mais on note quelques oublis regrettables comme celui des travaux de Page et de Lubatti qui ont tant contribué à la chimie des fumigants. Ces défauts ne diminuent pas cependant la valeur réelle de l'ouvrage qui constitue une mine d'information pour l'entomologiste et le chimiste de cette spécialité et dont les pages

appropriées rendront grand service à l'étudiant de biochimie et de physiologie comparées des narcotiques. Le prix n'est pas véritablement élevé pour l'effort prodigieux qu'il représente.

F. P. W. WINTERINGHAM

SMITH, A. M.: *Manures and Fertilizers.* Pp. 275. Thomas Nelson and Sons, Edimbourg. 1952. 15s.

Dans l'effort d'accroissement de la production agricole il est important que le cultivateur ait accès aux progrès les plus récents et aux principes fondamentaux d'une question jouant un rôle de premier plan dans la croissance des récoltes. Nous accueillons donc avec plaisir cette addition de valeur à la série agricole des livres Nelson.

M. Smith est une autorité sur les engrais naturels et chimiques et l'expérience acquise par lui pendant les nombreuses années passées à conseiller, étudier et enseigner est évidente dans l'exposition claire et bien équilibrée de l'aspect théorique et pratique de la question. Les points superflus ont tous été soigneusement éliminés. On retrouve encore les symboles P_2O_5 et K_2O, mais c'est bien contre le gré de l'auteur qui pense comme beaucoup que les termes phosphore et potassium seraient préférables, en similitude avec l'azote.

Les chapitres du début s'occupent de la nutrition de la plante et de la matière organique du sol, formant ainsi une introduction utile et logique à l'étude des engrais naturels et chimiques. Leurs diverses catégories, leur origine et leur production sont bien traitées et leur rôle en ce qui concerne la plante et le sol est si nettement défini qu'on n'aura plus d'idées fausses sur les termes «organique» et «artificiel». Les pages sur l'aspect chimique de la fabrication des engrais comprennent les faits les plus récents. Un des nouveaux produits cités en est encore, en effet, au stade d'essai en Grande-Bretagne et son efficacité sur les récoltes est encore à l'étude. Rappelons cependant que les trois engrais chimiques traditionnels: sulfate d'ammonium, superphosphate et chlorure de potassium, sont toujours les plus employés et que, sans sous-estimer l'importance des nouveautés, il faut reconnaître que de grands progrès ont été réalisés dans l'emploi des produits usuels. Cette partie de la question est étudiée à fond et certains points, comme les besoins nutritifs particuliers de certaines cultures, les quantités à utiliser et la valeur de leur résidu sont exposés excellemment.

Toutes nos félicitations à l'auteur pour une œuvre très utile qui, tout en étant destinée aux producteurs et aux étudiants rendra service aux spécialistes également.

R. J. WARREN

BIOCHIMIE

GOODWIN, T. W.: *The Comparative Biochemistry of the Carotenoids.* Pp. 356. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 50s.

L'aspect purement chimique des caroténoïdes a récemment été traité à fond plusieurs fois, mais cette étude excellente de T. W. Goodwin sur la biochimie de ces importants corps naturels est la première en date.

Après l'introduction sur la définition et la nomenclature des caroténoïdes, la partie I s'occupe des caroténoïdes chez les plantes (chez les plantes terrestres, rôle et formation chez les phanérogames, chez les plantes en général). La partie II traite des caroténoïdes dans le règne animal (chez les invertébrés et vertébrés marins, chez les animaux d'eau douce, chez les insectes, arachnides et reptiles, chez les mammifères et les oiseaux; transformation des caroténoïdes en vitamine A). L'appendice I renferme une revue très complète du contenu en carotène des plantes et l'appendice II une autre sur la valeur en carotène d'un grand nombre d'entre elles, basées toutes deux sur les recherches de R. S. Harris principalement.

Le livre fait donc un exposé excellent et complet de la présence des caroténoïdes dans le règne animal et végétal et de l'état actuel de nos connaissances sur leurs relations avec les problèmes de la biologie. Il indique aussi les points qui restent à élucider et adopte une attitude critique sur beaucoup d'aspects. Il apportera une aide véritable et nécessaire à tous ceux qui s'intéressent à la question. Un index détaillé de noms, un autre de noms d'espèces et une table des sujets traités aident à s'orienter dans l'ouvrage et à étudier les textes cités.

On pourra critiquer certains points de détail comme, par exemple, l'opinion de l'auteur en ce qui concerne la position, selon lui incertaine, d'un groupe hydroxyle dans la xanthophylle (luteïne). Elle nous semble suffisamment bien établie par les nombreux résultats expérimentaux connus.

Remercions T. W. Goodwin d'une œuvre de valeur qui mérite une vaste diffusion.

P. KARRER

TERROINE, E. F.: *La synthèse protéique.* Pp. 539. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 1952. 3200 fr.

La protéinogenèse est assurément un des problèmes cardinaux posés par la biologie. En dépit d'un labeur considérable déjà accumulé (1809 références dans cet ouvrage), l'auteur observe combien fragmentaires, parfois contradictoires, sont encore les informations disponibles sur ce pouvoir, en partie mystérieux, de la cellule. Cependant, eu égard à l'importance du sujet, il estime avec pertinence que face à lui «l'homme aime mieux déraisonner que se taire». Mais le Professeur Terroine ne s'évade pas hors des sentiers de la raison, et s'il n'a aucune illusion sur le caractère tout provisoire du schéma de synthèse qu'il suggère, les hypothèses avancées pour l'échafauder sont toutes fondées sur des faits établis. Depuis de longues années, il s'est penché sur le métabolisme de l'azote: son livre est une somme.

Deux parties le composent. D'abord la formation des matériaux de la synthèse protéique, soit les acides aminés (175 pages): preuves de la genèse de certains d'entre eux, précisions sur les limites de la puissance constructive des organismes, mécanismes de synthèse. Puis l'association de ces amino-acides, c'est-à-dire l'anabolisme protéique proprement dit (274 pages): constitution des protéines édifiées; caractères, conditions, lieux et mécanismes de la synthèse, ainsi que ses agents régulateurs.

Précieuse mise au point d'une question difficile; mais en outre, à en juger par le nombre de points d'interrogation disséminés dans le texte, sa lecture pose la résolution de maints problèmes à la sagacité des chercheurs.

R. DELABY

BIOLOGIE

BONNER, J. T.: *Morphogenesis: An Essay on Development.* Pp. 296, avec des figures et des illustrations en demi-teintes. Princeton University Press, Princeton, New Jersey; Oxford University Press, Londres. 1952. 32s. 6d.

Ce livre consiste essentiellement en une série d'études sur la détermination de la forme et de la structure chez les plantes et les animaux. Les sujets de quelques chapitres: taille et forme, aspects physiques et chimiques du développement, formes de croissance, direction et différenciation morphogénétiques, polarité et symétrie et enfin analyse du développement donneront une idée de la portée et du contenu de

l'ouvrage. Il est évident que l'auteur n'a pas pu traiter entièrement la question qui occupe une telle place en biologie contemporaine, mais il y a remédié par une réflexion profonde et une argumentation convaincante. A l'aide d'exemples soigneusement choisis il montre les implications et les besoins de toute tentative d'explication satisfaisante des causes en biologie morphogénétique. En ce qui concerne diverses espèces, des facteurs différents peuvent donner naissance à des développements comparables, comme dans le cas de la polarité; mais il y a des phénomènes communs qui semblent être universels et l'on peut expliquer au moins certains d'entre eux. Pour M. Bonner, la détermination de la forme est un effet résultant des processus constructifs de la croissance, de la direction morphogénétique et de la différenciation ainsi que de leur limitation par divers facteurs. Un aspect important du livre est la discussion de ce qu'il appelle une microthéorie de la morphogenèse, c'est-à-dire une théorie où le développement de l'organisme, avec ses nombreux traits répétitifs peut se diviser en unités relativement petites. Au stade où nous en sommes, les faits ne permettent guère de conjectures sur les détails d'une théorie de la microstructure et l'on se demande même si une telle théorie pourrait rendre compte de façon satisfaisante des phénomènes complexes de la morphogenèse. C'est toutefois une idée stimulante qui ne manquera pas de donner des résultats intéressants. Livre profond à recommander au lecteur moyen comme au spécialiste de cette question captivante. C. W. WARDLAW

HUXLEY, J. S.: *Evolution in Action.* Pp. 160, avec 9 planches en demi-teintes. Chatto and Windus, Londres. 1953. 9s. 6d.

Ce dernier livre de Huxley est fondé sur une série de conférences données à l'Université d'Indiana en 1951 sous les auspices de la Fondation Patten puis diffusées sous une forme modifiée par la B.B.C. La tâche qu'il s'est fixée est extrêmement ardue: rien moins que de tracer «une sorte de carte de l'évolution dans son ensemble». 160 pages sont insuffisantes pour réaliser cette ambition impeccablement, mais l'œuvre de Huxley n'en est pas moins remarquable. Il possède en effet une connaissance technique très vaste du problème alliée à une vision très claire du tableau final. Son but n'a pas été de bâtir une théorie logique et entièrement convaincante du développement détaillé de l'évolution, mais de donner une idée d'ensemble de sa nature d'où l'on puisse tirer une vue générale du mécanisme des transformations à longue et à courte échéance et de leurs résultats. Il faut noter l'importance particulière accordée à l'étude de l'évolution humaine et à ses rapports avec celle de la vie animale. Huxley envisage le développement de la vie humaine depuis ses tout premiers débuts comme une continuation de l'évolution biologique, mais il insiste sur la différence profonde de mécanisme à sa base; tandis que dans le règne animal le seul moyen effectif d'héritage est par l'intermédiaire de gènes, chez l'homme la transmission des idées et des inventions par des méthodes culturelles est beaucoup plus importante. L'auteur s'attaque aussi audacieusement à la question du progrès dans l'évolution, ce qui soulève celle de valeur. Il suggère utilement à ce sujet qu'il faut distinguer entre progrès et simple adaptation à un besoin particulier et restreint. La discussion de toute cette question épineuse n'est peut-être pas philosophiquement sûre et, d'ailleurs, elle n'a pas véritablement sa place dans ce livre; mais Huxley y fait preuve d'un sens commun d'une telle qualité que ce sera une révélation pour le lecteur moyen auquel elle s'adresse. C. H. WADDINGTON

BOTANIQUE

FINDLAY, W. P. K.: *Dry Rot and other Timber Troubles* (La carie sèche et autres maladies du bois). Pp. 267, avec des illustrations en demi-teintes. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1953. 25s.

Ce livre du Dr. Findlay couvre plus de terrain que ne l'indique le titre. Outre l'exposé de valeur attendu sur l'ensemble des manifestations de *Merulius lacrymans*, on y trouve la description complète des maladies fongoïdes des arbres sur pied et de la destruction du bois par les insectes. Les pages consacrées aux dégâts causés par ceux-ci forment le premier compte rendu des travaux réalisés par les collègues de l'auteur au Laboratoire de recherche sur les produits forestiers. D'autres chapitres étudient la composition physique et chimique du bois ainsi que les causes de détérioration, les décolorations, taches et défauts du bois à ouvrer.

Le livre révèle son individualité dans les pages traitant des mesures à prendre contre toutes ces éventualités, à savoir que l'auteur est à l'aise dans le monde du mycologue comme dans celui du charpentier. Sa compréhension évidente des difficultés du marchand de bois en planches, de l'architecte, du constructeur de bateaux et du jardinier donne à ses conseils un air d'authenticité pratique. Les chapitres sur les soins du bois, sa conservation et la préservation contre la pourriture révèlent le gaspillage inquiétant de nos ressources. Ils insistent sur le fait que cette destruction est en grande partie évitable et indiquent clairement ses remèdes.

R. W. MARSH

CHIMIE

FINDLAY, Alexander: *General and Inorganic Chemistry.* Pp. x + 239. Methuen and Company Limited, Londres. 1953. 8s. 6d.

On note avec plaisir la parution de livres pour le profane, tels que celui-ci à une époque où la science influence si profondément l'ordre social. La série *Home Study Books* a pour but de permettre aux spécialistes d'une question de l'exposer brièvement et simplement mais en évitant une vulgarisation superficielle. L'auteur de ce nouveau volume fait usage de toute sa science et de toute sa perspicacité pour nous présenter les principaux phénomènes chimiques que l'on rencontre dans la vie de tous les jours et esquisser le développement des connaissances sur la nature de la matière et la structure de l'atome. Il traite aussi des éléments les plus courants et de leurs composés, mais tout en présentant le carbone comme le mieux connu, il ne s'arrête pas en détail aux questions de chimie organique. La forme et le contenu du livre sont bien adaptés aux besoins des jeunes voulant se faire une carrière dans les sciences et satisfera aussi les ambitions intellectuelles du public plus vaste désirant accroître ses connaissances et sa compréhension de la chimie. Nous avons là un de ces rares ouvrages agréables au spécialiste et profitables au débutant. L'impression et la reliure sont excellentes. Félicitons l'auteur et l'éditeur pour cette œuvre remarquable. W. WARDLAW

HARKINS, William D.: *The Physical Chemistry of Surface Films.* Pp. XVI + 413, avec une introduction de T. Fraser Young. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 80s.

L'auteur relate ici ses vastes recherches sur la chimie des surfaces, couvrant un champ bien plus étendu que celui des pellicules de surfaces, au sens où l'on entend cette expression. Depuis son premier article sur la question en 1915

jusqu'à son dernier en 1950, il en a fait paraître plus de deux cents: magnifique preuve d'activité. Les six premières années furent consacrées à l'étude des méthodes exactes de mesure de la tension des surfaces et à la mesure de ces tensions dans le cas de liquides organiques en contact avec l'air ou avec l'eau et le mercure. Il établit les conditions dans lesquelles la méthode du volume-goutte est satisfaisante et ses tables de calcul des résultats sont toujours les meilleures. Ses travaux sur l'adhérence confirmèrent l'opinion, déjà avancée par Hardy, que les molécules sont orientées aux faces de contact. Selon Harkins, son prédécesseur n'aurait apporté aucune preuve du phénomène. En fait, ses preuves étaient du même genre, tout en étant moins nombreuses parce qu'antérieures de plusieurs années. L'auteur s'occupa ensuite de diverses questions, dont la standardisation de la méthode de «d'anneau» pour la mesure des tensions de surface, la chaleur d'adsorption des liquides à la surface des solides, les angles de raccord et les modes de calcul de la superficie des poudres. Il effectua aussi un bon nombre de travaux précis sur les couches monomoléculaires insolubles, dont les plus originaux concernent l'effet des traces d'ions sur l'eau et la viscosité des pellicules de surface. Ces dernières années, il s'est intéressé à la constitution interne des solutions savonneuses et à la polymérisation des émulsions et a découvert une méthode colorimétrique très simple pour la détermination de la concentration critique dans la formation des micelles ioniques.

Toute la partie expérimentale est soignée et bien qu'une certaine proportion semble simplement continuer dans la voie tracée par d'autres, Harkins a introduit presque partout des perfectionnements techniques d'une précision inégalée.

Les points que l'auteur n'a pas traités personnellement sont mentionnés brièvement et le livre se termine par un chapitre de Verwey résumant les travaux de l'école hollandaise sur l'effet des ions sur la couche électrique double et la stabilité des sols lyophobiques. L'expérience de Harkins en chimie des surfaces est si vaste que nous avons là un manuel tout à fait général sur le sujet. Le point de vue de l'auteur est naturellement donné priorité, mais on déplore l'habitude de déprécier la valeur des travaux antérieurs, même lorsqu'il ne s'agit que d'une simple variation de technique ou d'un élargissement de la méthode. Tous les étudiants avancés de la chimie des surfaces se devront d'examiner soigneusement ce compte rendu de l'œuvre d'un des chercheurs les plus ardents de sa génération dont les apports à cette partie de la science sont nombreux et durables. Le prix malheureusement élevé sera sans doute un obstacle pour beaucoup et pour certaines bibliothèques où il rendrait grand service.

N. K. ADAM

HOLMAN, R. T., LUNDBERG, W. O. et MALKIN, T.: *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids*, Vol. I. Pp. VII + 186. Pergamon Press Limited, Londres. 1952. 42s.

Il y a à peine plus d'un siècle, le «Dictionnaire de Chimie» de Watt renfermait toute la chimie connue, pure et appliquée, en deux ou trois volumes. Il y a cinquante ans la question des huiles, graisses et cires au point de vue chimique et technique occupait seulement quelques tomes de Lewkowitsch, Ubbelohde ou Hefter. Mais de nos jours, le nombre des monographies sur les graisses et corps apparentés est tel qu'il faut les faire paraître en deux séries, l'une sur la chimie, l'autre sur la technologie de ce groupe important de composés organiques.

Ce volume est le premier à paraître de la série chimie pure. Il est divisé en cinq parties, consacrées respectivement au polymorphisme des acides gras (T. Malkin), aux stérols (W. Bergmann), aux phosphatides (P. Desnuelle), à la chromatographie des acides gras (R. T. Holman) et à leurs divers dérivés chimiques (H. J. Harwood). Chaque section comprend un exposé complet de la question étudiée avec les détails les plus récents et la qualité des articles est uniformément élevée, comme le fait prévoir le nom des auteurs. Le texte est extrêmement clair et bien informé tout au long de l'ouvrage et l'impression excellente. On note des renvois nombreux à la littérature existante et des index suffisants.

Le choix des sujets est assez décousu (pour des raisons accidentelles exposées dans la préface). Nous espérons toutefois qu'en raison du prix de ces volumes, les suivants inaugureront une méthode plus rigoureuse de sélection des questions à l'intérieur d'un même ouvrage. Les lecteurs étudiants et spécialistes qui ont besoin d'un exposé complet de certains aspects de la chimie des lipides seraient heureux de trouver dans un seul volume cinq ou six aspects apparentés du sujet. C'est là notre seule critique. Tous ceux qui s'intéressent à cette partie de la chimie attendront avec intérêt les volumes suivants.

T. P. HILDITCH

RICCI, John E.: *Hydrogen Ion Concentration*. Pp. 460, avec des diagrammes linéaires. Princeton University Press, Princeton, New Jersey; Oxford University Press, Londres. 1952. 63s.

L'auteur a traité ici de façon complète et très détaillée la question des ions d'hydrogène en solution. Il s'oppose à la tendance commune d'identifier les phénomènes de dissociation et d'ionisation quand on étudie l'état des électrolytes en solution. Pour cela, il fait remarquer que la présence d'ions d'hydrogène et de chlore dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique n'implique pas nécessairement la dissociation de l'halogénure d'hydrogène, car la formation d'un ion de chlore hydraté pourrait provenir de l'eau par la réaction: $HCl + OH' \rightarrow HOHCl'$, laissant l'ion d'hydrogène aqueux comme complément de charge opposée. Par contre, la dissociation est évidente dans les solutions aqueuses de sels. Il introduit également le concept de coefficient de charge, à savoir le nombre net de charges ioniques du même signe dans le corps étranger en solution par molécule-gramme de ce corps. Il faut un certain effort pour s'habituer à la méthode de l'auteur, mais elle a l'avantage d'être exacte et de permettre de développer les rapports fondamentaux basés sur la loi des masses de façon précise.

L'exposé sur la précision dans le titrage, le pouvoir d'effet tampon et le titrage des mélanges est excellent. Les cinq dernières sections de l'ouvrage sont consacrées à des problèmes où le produit de solubilité d'un couple d'ions au moins impose des limites au système en question. C'est sur ce terrain que la méthode d'attaque de l'auteur se révèle la plus effective, car les limites du système à phases peuvent être développées exactement.

Le livre sera utile à tous ceux qui s'occupent de près ou de loin des équilibres électrolytiques. L'impression est bonne et sans erreurs et le prix raisonnable considérant la montée démesurée actuelle.

ERIC K. RIDEAL

WILSON, A. J. C. rédacteur-en-chef; BARRETT, C. S., BIJVOET, J. M. et ROBERTSON, J. M., rédacteurs adjoints: *Structure Reports for* 1949, Vol. XII. Pp. VIII + 478 et de nombreuses figures. Oosthoek, Utrecht. 1952. 90s.

Ces comptes rendus de constitution

chimique ne sont pas des résumés à proprement parler, car ils ne s'occupent que de cet aspect des articles choisis. Ils le font d'ailleurs si à fond qu'on n'apprendrait rien de plus en consultant les articles eux-mêmes. Tel est le niveau de l'ouvrage. Il est divisé en trois sections principales: métaux, composés minéraux, composés organiques, passant en revue une grande variété d'articles dont certains en russe et en japonais. On trouve aussi quelques extraits de publications de la commission d'énergie atomique américaine. De la correspondance privée est également citée par endroits. Lorsqu'un diagramme à phases complet est nécessaire, il paraît dans le texte en plus des renseignements de radiographie cristalline habituels. Dans la partie «composés organiques» on note un certain nombre de recherches utilisant la diffraction électronique. Les tables, diagrammes et index sont d'excellente qualité.

Les comptes rendus ont été faits dans un esprit critique à en juger par le nombre de calculs refaits ou ajoutés aux résultats donnés par les auteurs d'articles et par les notes des rédacteurs lorsque les spectres d'absorption du texte ne correspondent pas exactement aux groupes d'espace cités (comme dans le cas du minéral la wittichénite). Il serait étonnant que les rédacteurs soient toujours aussi attentifs. La section sur l'acénaphtène devrait mentionner que son groupe a été choisi entre trois grâce à la théorie du «groupement serré» et que la détermination de sa structure est basée sur la supposition inutile de positions spéciales pour ses molécules. On apprécie d'autant plus de tels détails que la langue de l'article original est peu familière. Cette même section note deux valeurs différentes: 2,375 Å sur une figure et 2,355 Å dans le texte pour l'anneau benzénique. Mais elle ajoute une nouvelle complication en citant la distance de la liaison CH_2—CH_2 comme étant 1,64 ± 4 Å [± 0,4].

On s'attend naturellement à une certaine irrégularité de style et de méthode dans une œuvre si cosmopolite, mais ce n'est pas le cas. Le barbarisme «ordinally» au premier paragraphe est nettement un piège tendu au commentateur, étant une simple faute d'impression commise pendant la transcription de la phrase correspondante de la préface du volume XI.

Ces défauts secondaires sont en réalité un agrément gratuit du livre qui dans l'ensemble fait preuve du plus grand soin. Les comptes rendus atteignent leur but et rendront immense service à tous les cristallographes, ou autres, qui cherchent à s'informer sur les structures cristallines et moléculaires. Nous les recommandons vivement.

H. M. POWELL

COSMOGONIE

GAMOW, George: *The Creation of the Universe*. Pp. XII + 148, avec 40 figures et 11 planches. The Viking Press, New York; Macmillan and Company, Limited, Londres. 1952. 21s.

Ce livre attachant attirera tous ceux qui cherchent à comprendre les théories récentes sur l'origine et l'évolution de l'univers. C'est une œuvre de vulgarisation supérieure, destinée au profane comme au spécialiste d'autres disciplines. Le Professeur Gamow présente d'abord brièvement les preuves existantes de l'âge de la Terre, des étoiles et du système stellaire de la Voie Lactée. Elles s'accordent toutes à faire supposer que le monde actuel est le résultat d'une évolution qui débuta il y a trois milliards d'années environ. L'univers était jusqu'alors comprimé dans l'atome primitif de Lemaître, puis la grande expansion se produisit et nous voyons encore les effets de l'explosion dans la récession des nébuleuses spirales. Les éléments chimiques naquirent tous pendant cette courte période de gestation nucléaire où l'univers n'était en somme qu'une bombe atomique géante. Les idées adverses de Bondi, Gold et Hoyle sur l'existence d'un monde stable où la matière est continuellement recréée à mesure que l'expansion la raréfie, sont assez sommairement écartées. L'auteur rejette de même la théorie de Hoyle sur la naissance d'atomes au sein des *supernovae* car elle ne s'accorde pas avec sa conception de l'évolution.

Le lecteur fera bien toutefois de tenir ses facultés critiques en éveil, car il pourrait se laisser gagner par le pouvoir de persuasion du texte alors que certaines opinions ont des bases peu sûres. On lit, par exemple, que: «Hubble découvrit que les constellations peuplant l'univers sont en voie de dispersion rapide» (univers en expansion) et que: «La loi de Hubble donne le rapport entre la vitesse de récession et la distance . . .» En fait, celui-ci a pris soin d'indiquer dans *The Realm of the Nebulae* que tout ce qu'on constate sont des déplacements du rouge dans les lignes spectrales qui semblent croître avec la distance. Ils révèlent peut-être des vitesses de récession et de nombreux cosmologistes s'en sont servi pour sauver la théorie de l'univers en expansion. Mais ils pourraient résulter également d'un agent inconnu causant la perte d'énergie en photons dans l'espace interstellaire. Notre ignorance dans ce domaine est si totale qu'il vaut mieux s'abstenir de juger pour l'instant.

M. A. ELLISON

MÉTALLURGIE

KUBASCHEWSKI, O. et HOPKINS, B. E.: *Oxidation of Metals and Alloys*. Pp. 239. Butterworth's Scientific Publications Limited, Londres. 1953. 35s.

Ce livre remarquable est sur un sujet bien connu et d'importance technique évidente mais qui manque encore pour l'instant d'unité théorique. Selon les auteurs, la question n'est envisagée ni du point de vue du théoricien dont le seul but est de découvrir le mécanisme atomique des phénomènes étudiés, ni de l'ingénieur essayant de produire des matériaux résistant à l'usure; la position adoptée est intermédiaire, mais l'ouvrage, comme ils l'espèrent rendra service à tous deux. La littérature très dispersée sur le sujet est passée ici en revue de façon complète et critique. Les théories existantes ne sont pas non plus oubliées. L'œuvre de Wagner sur la théorie de l'oxydation aux fortes températures, où l'épaisseur croît selon la loi parabolique, semble bien établie. Les théories de Cabrera et de Mott donnent une idée des phénomènes se produisant à des températures inférieures. Mais nous comprenons toujours mal, tout en les connaissant bien, la constitution de l'oxyde et son adhérence au métal, la recristallisation et l'effet des pores, fissures et boursouflures. C'est l'avis des auteurs que nous sommes, dans cette partie de la science, sur le seuil de nouvelles idées et de nouvelles théories se développant rapidement. Ils ont certainement raison et leur livre facilitera beaucoup ce développement.

N. F. MOTT

PHYSIQUE

REIMANN, Arnold L.: *Vacuum Technique*. Pp. XII + 449. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 50s.

L'auteur conclut une revue des facteurs influençant le travail du verre par les mots: «Si un appareil en verre a l'air de bonne qualité, il l'est généralement.» On est tenté d'appliquer cette remarque à son ouvrage, car l'examen attentif de son contenu ne contredit pas la promesse de ses diagrammes abondants et exceptionnellement clairs, de ses reproductions photographiques excellentes, des riches bibliographies à la fin de

chaque chapitre et de l'index de 17 pages en petits caractères. Chaque page révèle la vaste expérience pratique de l'auteur, soit qu'il décrive la grande variété de pompes utilisables de nos jours et leurs avantages respectifs, les meilleurs robinets et jointures, l'élimination des fuites ou les précautions nécessaires pour les longues périodes de pompage. Les explications sont très claires et, autant que possible, basées sur des considérations théoriques. Trois chapitres traitent du verre et de sa manipulation, des joints cuivre à verre et de divers joints verre à métal. Le dernier passe en revue les manomètres très différents qui peuvent servir dans les travaux sur le vide poussé.

Ce guide à la technique moderne du vide rendra service non seulement aux ingénieurs construisant des installations compliquées et voulant atteindre le maximum d'efficacité, mais grâce à sa valeur pratique, aux chercheurs d'ambitions plus modérées. Le premier chapitre servira d'introduction excellente pour les débutants dans la théorie d'une technique devenue si importante dans la science et la technologie modernes.

F. A. PANETH

ZOOLOGIE

EKMAN, Sven: *Zoogeography of the Sea.* Pp. XIV + 417, avec 121 figures. Sidgwick and Jackson, Londres. 1953. 42s.

Nous avons là un des principaux ouvrages jamais parus sur la faune marine. Il fut publié pour la première fois en allemand en 1935 par l'*Akademische Verlagsgesellschaft* de Leipzig, mais il n'a pas encore reçu l'attention qu'il mérite dans les pays de langue anglaise. La parution opportune de cette édition anglaise remédiera à cet état de choses, étant non seulement traduite, mais entièrement revue et augmentée d'un grand nombre de travaux publiés depuis 1935. Elle représente l'exposé le plus complet qui soit de la répartition de la faune marine dans les mers du globe et offrira aux zoologistes une richesse d'information que jusqu'ici ne leur avait pas été accessible en anglais. Elle présente aussi un point de vue particulier sur la question et instruira de façon très intéressante sur la géographie animale. Les points traités comprennent une étude de la faune abysmale des mers profondes, de la faune pélagique des couches supérieures et inférieures et une étude de la bipolarité et de la «répartition longitudinale», mais plus de la moitié du livre (230 pages) s'occupe de la faune des mers peu profondes. Plusieurs chapitres y sont consacrés région par région, prenant en considération non seulement la distribution présente sur terre, mais l'histoire passée des espèces avec assez de détails pour éclairer la répartition actuelle. Certaines conclusions se révéleront peut-être inexactes ou insuffisantes pour quelques pays à mesure que nos connaissances augmenteront, mais c'est un point de détail qui ne diminue en rien la valeur du livre.

T. A. STEPHENSON

HARTMAN, Carl G.: *Possums.* Pp. 174, avec des figures et des illustrations en demi-teintes. University of Texas Press, Austin, Texas. 1952. $6.

Chez la sarigue, comme chez tous les mammifères marsupiaux, les jeunes naissent dans un état très rudimentaire de développement au point qu'on parle de «véritable avortement» à leur sujet. Moins de vingt-quatre heures après la descente de l'ovule nu ou vitellus de l'ovaire, il se recouvre d'albumen et d'une enveloppe membraneuse. Au bout de sept jours l'œuf est devenu une vésicule creuse doublée de trois couches de cellules, mais bien que la vie utérine soit déjà à demi écoulée, l'embryon n'est encore qu'un rudiment minuscule. Six jours seulement et les embryons devront être prêts pour la naissance et leur précaire voyage jusqu'à la poche maternelle; il ne faut que six jours pour le développement d'une vésicule fragile et plus petite qu'une tête d'épingle en une sarigue nouveau-née.

Les détails de ces transformations et leurs illustrations sont la grande attraction de ce livre captivant, car le Dr. Hartman fut le premier à les observer et à les décrire dans leur ensemble. L'ouvrage n'est pas d'ailleurs une étude technique n'intéressant que le spécialiste, mais la biographie complète d'un des animaux les plus étranges au monde, écrite simplement et avec précision pour le lecteur moyen par le meilleur expert sur la question.

Le Dr. Hartman s'occupe de la sarigue de l'histoire et de la légende, sans oublier la vie réelle; il y a des chapitres sur l'origine de l'expression *to play possum*, (faire le mort comme une sarigue), sur le dangereux voyage des jeunes jusqu'à la poche maternelle (une portée de vingt petits tient à l'aise dans une cuiller à café), sur la chasse de l'animal, les recettes pour le manger, sa place dans le folklore nègre et bien d'autres choses encore.

Le livre, magnifiquement illustré, reflète la personnalité géniale de l'auteur. Si jamais un ouvrage a mérité de devenir un classique d'histoire naturelle, c'est bien celui-ci.

L. HARRISON MATTHEWS

Livres reçus

(*Note.* La mention à cette page n'exclut pas la possibilité de revue ultérieure.)

AGRICULTURE

FAULKNER, Edward: *Soil Restoration.* Pp. 207. Michael Joseph, Londres. 1953. 10s. 6d.

WHETHAM, E. H.: *British Farming* 1939–49. Pp. 172. Thomas Nelson and Sons Limited, Londres. 1953. 12s. 6d.

WISE, Louis E. et JAHN, Edwin C. (publié par): *Wood Chemistry* (2e édition). Pp. 1–688 et 691–1343 respectivement. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 120s. chaque volume.

ASTRONOMIE

DAVIDSON, Martin: *Astronomy for Everyman.* Pp. 494. J. M. Dent and Sons Limited, Londres. 1953. 18s.

LYTTLETON, R. A.: *The Comets and their Origin.* Pp. 173. Cambridge University Press, Londres. 1953. 25s.

BIOLOGIE

MAY, Raoul-Michel: *La Greffe.* Pp. 299. Gallimard, Paris. 1953. 900 fr.

The Neuron: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, Vol. XVII. Pp. XIV + 324. The Biological Laboratory, Cold Spring Harbor, New York. 1952. $8.

Protein Metabolism, Hormones and Growth. A Symposium. Pp. 80. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey. 1953. $1,50.

CHIMIE

ARNOLD, R. T. (publié sous la direction de): *Organic Syntheses*, Vol. 32. Pp. 119. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 28s.

DE BOER, J. H.: *The Dynamical Character of Adsorption.* Pp. 239. Oxford University Press, Londres. 1953. 30s.

FROST, Arthur A. et PEARSON, Ralph G.: *Kinetics and Mechanism.* Pp. 343. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 48s.

GARSIDE, James E. et PHILLIPS, R. F. *A Textbook of Pure and Applied Chemistry.* Pp. 1044. Sir Isaac Pitman and Sons Limited, Londres. 1953. 25s.

GAYDON, A. G.: *Dissociation Energies and Spectra of Diatomic Molecules* (2e édition). Pp. 261. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 35s.

HOLNESS, H.: *Semi-Micro Apparatus and Technique.* Pp. 19. Sir Isaac Pitman and Sons Limited, Londres. 1953. 2s.

Proceedings of the International Congress on Analytical Chemistry. Oxford, 4th–9th September, 1952. Pp. 493. Publiés pour le Congrès International d'Analyse chimique et la Société d'Analystes Officiels et autres Chimistes-analystes par W. Heffer and Sons Limited, Cambridge. 1953. 42s.

RADLEY, J. A.: *Starch and its Derivatives* (3e édition), Vol. I. Pp. 510. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 65s.

STANDING, M. B.: *Volumetric and Phase Behaviour of Oil Field Hydrocarbon Systems.* Pp. 123. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 80s.

VAIL, James G.: *Soluble Silicates: Their Properties and Uses*, Vol. II: Technology. Pp. 669. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 120s.

VELLUZ, Léon (publié sous la direction de): *Substances Naturelles de Synthèse.* Vols. I–V. Pp. 141, 138, 156, 165 et 206 respectivement. Masson et Cie., Paris. 1951–53. 1750, 1750, 1750, 2200 et 2800 fr. respectivement.

GÉOGRAPHIE

CHAPIN, Henry et WALTON SMITH, F. G.: *The Ocean River.* Pp. 325. Victor Gollancz Limited, Londres. 1953. 16s.

RICKETTS, Edward F. et CALVIN, Jack: *Between Pacific Tides* (3e édition). Pp. 502. Stanford University Press, Californie; Oxford University Press, Londres. 1953. 48s.

HISTOIRE DE LA SCIENCE

BERTIN, L., BOURDIER, F., DECHAMBRE, E., FRANÇOIS, Y., GENET-VARCIN, E., HEILBRUN, G., HEIM, R., PELSENEER, J. et PIVETEAU, J.: *Buffon.* Pp. 244. Publications Françaises, Paris. 1953. 900 fr.

CROMBIE, A. C.: *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science.* 1100–1700. Pp. 369. Oxford University Press, Londres. 1953. 35s.

SARTON, George: *A History of Science — Ancient Science through the Golden Age of Greece.* Pp. 646. Oxford University Press, Londres. 1953. 63s.

MÉDECINE

British Pharmacopoeia, 1953. Publié sous la direction du Conseil médical général de la Grande-Bretagne. Pp. 894. The Pharmaceutical Press, Londres. 1953. 50s.

ECCLES, J. C.: *The Neurophysiological Basis of Mind.* Pp. 314. Oxford University Press, Londres. 1953. 25s.

FREDERICQ, Henri: *Traité Elémentaire de Physiologie Humaine* (3e édition). Pp. 812. Masson et Cie., Paris; H. Vaillant-Carmanne S.A., Liège, 1952. 4000 fr.

WINSLOW, C. E. A.: *Man and Epidemics.* Pp. 246. Princeton University Press, New Jersey; Oxford University Press, Londres. 1952. 25s.

PHYSIQUE

Annual Review of Nuclear Science, Vol. II. 1953. Pp. 429. Annual Reviews Inc., Stanford, Californie. 1953. $6.

FRISCH, O. R. (publié sous la direction de): *Progress in Nuclear Physics.* Pp. 295. Pergamon Press Limited, Londres. 1953. 63s.

KOLSKY, H.: *Stress Waves in Solids.* Pp. 211. Oxford University Press, Londres. 1953. 25s.

ROSSI, B.: *High-Energy Particles.* Pp. 569. Prentice-Hall Inc., New York; Constable and Company Limited, Londres. 1953. 65s.

WALSH, John W. T.: *Photometry* (2e édition). Pp. 544. Constable and Company Limited, Londres. 1953. 63s.

SCIENCES GÉNÉRALES

FOGG, John M., Jr. (publié par): *The Scientists Look at Our World.* Pp. 147. University of Pennsylvania Press, Philadelphie. 1952. $3.

TECHNOLOGIE

CHUDOBA, Karl F. et GÜBELIN, Eduard J.: *Schmuck- und edelsteinkundliches Taschenbuch.* Pp. 206, avec deux illustrations en couleur. Verlag Bonner Universitätsbuchdruckerei. Gebr. Scheur G.m.b.H., Bonn, 1953. DM. 19,60.

WILSON, W.: *The Cathode Ray Oscillograph in Industry* (4e édition). Pp. 273. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 36s.

Notes biographiques sur les collaborateurs

SIR HENRY DALE

Né en 1875, étudia à *Trinity College*, Cambridge, et à *St. Bartholomew's Hospital*. En 1904 il entra aux Laboratoires Wellcome de recherche physiologique qu'il dirigea de 1906 à 1914. A cette dernière date il fut nommé membre originaire du personnel du *National Institute for Medical Research* dont il fut directeur de 1928 à 1942. Ses principales recherches sont la conséquence tardive d'une étude pharmacologique de l'ergot de seigle faite en 1904 et concernent la transmission chimique des phénomènes nerveux ainsi que l'histamine, l'anaphylaxie et l'allergie. Fut élu à la *Royal Society* en 1914 et en fut secrétaire de 1925 à 1935 puis président de 1940 à 1945. En 1936 il partagea le Prix Nobel de physiologie et de médecine. Il est président du conseil d'administration de la Fondation Wellcome depuis 1937. En 1940 il fit partie de la Commission Consultative Scientifique auprès du Cabinet de Guerre, qu'il présida de 1942 à 47. Il fut membre de la Commission Consultative pour l'Energie Atomique de 1945 à la même date.

W. G. PALMER

Membre de *St. John's College*, Cambridge. Maître de conférences au département de chimie minérale et organique, de cette université. Auteur de *Experimental Physical Chemistry*, *Valency—Classical and Modern* et *Experimental Inorganic Chemistry* (à paraître).

D. McKIE

Est né dans le Monmouthshire en 1896. Il entra à *University College*, Londres, en 1920 et passa ses diplômes de chimie. Est maintenant chargé de cours d'Histoire Scientifique à l'Université de Londres.

C. H. WADDINGTON

Naquit en 1905 et étudia à *Sidney Sussex College*, Cambridge. Il entreprit alors des recherches biologiques, s'occupant de l'évolution des fossiles, de la génétique végétale et du développement des animaux. Il a beaucoup voyagé et a collaboré avec les savants de nombreux pays étrangers. En plus d'avoir fait paraître cinquante articles environ dans des publications scientifiques, il est l'auteur de plusieurs ouvrages; *How Animals Develop*, *Introduction to Modern Genetics* et *Organisms and Genes*. En 1947 il fut nommé professeur de génétique animale à l'Université d'Edimbourg.

K. MATHER

Naquit en 1911 et étudia à l'Université de Manchester. Il effectua des recherches sur la reproduction des plantes à Svalöf (Suède) et fut boursier de la Fondation Rockefeller à l'Institut de Technologie de Californie et à l'Université d'Harvard en 1937–8. Il fut alors nommé directeur de la section de génétique de la *John Innes Horticultural Institution*, poste qu'il quitta en 1948 pour devenir premier professeur de génétique à l'Université de Birmingham.

W. B. ALEXANDER

Né en 1885 à Croydon. Etudia à *King's College*, Cambridge. De 1912 à 1926 il occupa divers postes de biologie en Australie.

En 1930 il entreprit des recherches d'ornithologie économique et en 1939 fut nommé au premier poste de directeur de l'Institut Edward Grey d'ornithologie à l'Université d'Oxford. Depuis sa retraite en 1945 il est bibliothécaire du même établissement.

Il est auteur de *Birds of the Ocean* (1928), membre de l'Union Royale des Ornithologues d'Australasie, membre correspondant de l'Union des Ornithologues d'Amérique, membre du conseil, et président du Comité des Observatoires d'Oiseaux, du Syndicat britannique d'Ornithologie.

B. W. MOTT

Né en 1919. Etudia à *Christ's College*, Cambridge. Après deux années passées chez *High Duty Alloys*, il entra à l'Etablissement Royal d'Aéronautique à Farnborough où il fit des travaux de recherche et de perfectionnement sur les alliages légers. Il est depuis 1946 à l'Etablissement d'Energie Atomique de Harwell, en charge d'un groupe étudiant les propriétés d'alliage des éléments lourds et cherchant de nouvelles techniques métallographiques. Il a publié plusieurs articles traitant des alliages d'aluminium et des progrès en métallographie.